

Análisis y Mejora del Error de Medición del sistema de medición in-line PERCEPTRON en VW.NA.



**Grado en Ingeniería
en Tecnologías Industriales**

Trabajo Fin de Grado

Alumno: Iñigo Larrea Arina

Director: Iñaki Arocena Elorza

Pamplona, 26 de Junio de 2014

INDICE GENERAL

Índice de ilustraciones	5
Índice de tablas.....	7
Índice de gráficas.....	8
Resumen	9
Listado de palabras clave	11
1. Introducción	12
1.1. Grupo Volkswagen	12
1.2. Volkswagen Navarra	13
1.3. Proceso productivo VW NA	14
2. Chapistería	16
2.1. Taller de chapistería	16
2.2. Taller 1	16
3. PERCEPTRON.....	19
3.1. Introducción PERCEPTRON	19
3.2. Estación de medición	21
3.2.1. Mediciones	25
3.2.2. Algoritmos	25
4. Situación actual y origen del proyecto.....	26
4.1. Herramienta de correlación y problemas encontrados.....	28
5. Análisis del error en la medición	30
5.1. Planteamiento inicial	30
5.2. Estudio de los diferentes factores.....	31
5.2.1. Estudio y comprobación del efecto de los robots y su velocidad.....	32
5.2.1.1. Pruebas estáticas – 30 repeticiones sobre diferentes carrocerías ..	33
5.2.1.2. Resultados de la prueba estática.....	34
5.2.1.3. Valoración de una nueva prueba estática	39
5.2.1.4. Establecimiento de nº de ciclos representativos	40

5.2.1.5.	Repetición pruebas estáticas – 150 med. sobre misma carrocería .	42
5.2.2.	Estudio y comprobación del posicionamiento del patín.....	46
5.2.2.1.	Estudio de la influencia del movimiento vertical.....	46
5.2.2.2.	Estudio de la influencia del movimiento transversal.....	49
5.2.2.3.	Efecto de las tensiones.....	59
5.2.3.	Estudio y comprobación del efecto de los algoritmos.....	60
5.2.3.1.	Prueba de medición estática al sensor – Prueba inicial	60
5.2.3.2.	Prueba de medición estática al sensor – Prueba final.....	62
6.	Análisis del tiempo ciclo.....	65
6.1.	Estudio del tiempo de compensación	67
6.2.	Estudio del ciclo de medición	68
6.3.	Entrada y salida de la carrocería	70
7.	Resumen del análisis y propuesta de mejora.....	72
7.1.	Error en la medición	72
7.2.	Tiempo ciclo y paradas por Q-STOP.....	73
7.3.	Propuesta de mejora	73
7.3.1.	Mejora en la calidad de la medición.....	73
7.3.1.1.	Disminución de vibración en los sensores	74
7.3.1.2.	Efecto de las tensiones generadas por los puntalinos	76
7.3.2.	Mejora del tiempo ciclo	77
7.3.2.1.	Ciclo de medición	78
7.3.2.2.	Ciclo de compensación y velocidad del patín	80
7.3.3.	Mejora en la gestión de los Q-STOP	82
7.3.4.	Resumen de la propuesta.....	86
8.	Conclusiones	87
9.	Bibliografía.....	90

ANEXOS

INDICE	92
ANEXO 1: Resultados	93
CAPÍTULO 1: Resultados pruebas	94
Prueba estática – 30 ciclos – 100% velocidad	94
Prueba estática – 30 ciclos – 50% velocidad	95
Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (100% vs 50% velocidad)	96
Cálculo muestra mínima necesaria (evolución desviación estándar agrupando muestras).....	97
Prueba estática – 150 ciclos – 100% velocidad	98
Prueba estática – 150 ciclos – 50% velocidad	99
Comparación pruebas estáticas 150 muestras (100% vs 50% velocidad).....	100
Diferencias desviaciones estándar pruebas estática y dinámica.....	102
Porcentaje de carrocerías medidas (27 turnos)	103
Tiempo ciclo desglosado – 30 mediciones.....	104
CAPÍTULO 2: Errores.....	105
Informes de errores (estado inicial).....	105
Informes de errores (estado final)	106
ANEXO 2: Información complementaria.....	107
CAPÍTULO 1: Marco teórico estadístico	108
CAPÍTULO 2: Algoritmos.....	111
Elementos básicos de los algoritmos	111
Algoritmos de programación	112
Ejemplo de corrección	115
CAPÍTULO 3: Puntos medidos	119
CAPÍTULO 4: Protocolo de actuación ante Q-STOPS	127
CAPÍTULO 5: Defectos y auditorías	129
CAPÍTULO 6: Cómo modificar la velocidad	131
Modificación general de operación	131

Modificación velocidad punto por punto	132
CAPÍTULO 7: Informes diarios	133
CAPÍTULO 8: Culebras	147
CAPÍTULO 9: Presupuesto sensores Helix.....	157
CAPÍTULO 10: Importancia de la compensación.....	158
ANEXO 3: Documentación técnica	159
CAPÍTULO 1: Documentación Robots actuales.....	160
CAPÍTULO 2: Documentación Robots propuestos	163
CAPÍTULO 3: Información mantenimiento.....	167
CAPÍTULO 4: Planos largueros	169

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Proceso productivo	14
Ilustración 2 - Skid de transporte	16
Ilustración 3 - Lay Out chapistería.....	17
Ilustración 4 - Autobastidor 1 (incluye largueros)	18
Ilustración 5 - Sensor láser	19
Ilustración 6 - Ejes del vehículo	20
Ilustración 7 - Estación Perceptron	21
Ilustración 8 - Distribución robots.....	22
Ilustración 9 - Sensores de la estación	23
Ilustración 10 - Puntalino	23
Ilustración 11 - Distribución puntalinos.....	24
Ilustración 12 - Esferas de compensación.....	24
Ilustración 13 - Repetibilidad vs Precisión.....	27
Ilustración 14 - Pantalla de correlación	28
Ilustración 15 - Recorrido repetición pruebas.....	34
Ilustración 16 - Puntalino y apoyo en Z	46
Ilustración 17 - Apoyos patín y apoyos estación	50
Ilustración 18 - Posibles holguras entre puntalino y RPS	50
Ilustración 19 - RPS's principales.....	51
Ilustración 20 - RPS posterior	52
Ilustración 21 - RPS anterior	52
Ilustración 22 - Medidas puntalinos anteriores	53
Ilustración 23 - Medidas puntalinos posteriores	54
Ilustración 24 - Puntalino y RPS posterior (funcionamiento en X)	58
Ilustración 25 - Información prueba algoritmos.....	63
Ilustración 26 - Recorrido medición RbA.....	69
Ilustración 27 - Recorrido medición RbB.....	70
Ilustración 28 – Puntos control tiempo (sensores mov. transversal).....	70
Ilustración 29 - Puntos control tiempo (sensores mov. vertical).....	71
Ilustración 30 - Procedimiento ante Q-STOPS.....	82
Ilustración 31 - Propuesta procedimiento ante Q-STOPS.....	83
Ilustración 32 - Lay-Out gestión Q-STOPS	84
Ilustración 33 - Desviación (Porcentaje que representa)	109
Ilustración 34 - Histograma (Distribución normal).....	110

Ilustración 35 - Algoritmo rango	113
Ilustración 36 - Algoritmo esquina	113
Ilustración 37 - Algoritmo borde	114
Ilustración 38 - Algoritmo orificio	114
Ilustración 39 - Posición ej. ranura	115
Ilustración 40 - Pantalla de prueba de medición.....	115
Ilustración 41 - Corrección rellejo.....	116
Ilustración 42 - Resultados prueba erróneos.....	117
Ilustración 43 - Pantalla de programación	117
Ilustración 44 - Resultados prueba correctos	118
Ilustración 45 - Informe Frontend	119
Ilustración 46 - Informe individual.....	120
Ilustración 47 - Informe soporte cockpit	120
Ilustración 48 - Informe Hueco Luna	121
Ilustración 49 - Informe Sección Techo-Lateral.....	122
Ilustración 50 - Informe situación techo-lateral.....	123
Ilustración 51 - Informe hueco portón.....	124
Ilustración 52 - Culebras	125
Ilustración 53 - Informe Pilotos.....	125
Ilustración 54 - Valores modificables por punto.....	131
Ilustración 55 - Pantalla programación robot.....	131
Ilustración 56 - Ampliación parte inferior pantalla.....	132
Ilustración 57 - Modificación velocidad.....	132
Ilustración 58 - Mantenimiento programado	167

Índice de tablas

Tabla 1 - Ventas VW NA.....	13
Tabla 2 - Diferencias Mediciones vs Perceptron	30
Tabla 3 - Tareas de mantenimiento (KUKA)	32
Tabla 4 - Mediciones RPS's (calibre)	51
Tabla 5 - Mediciones puntalinos (calibre).....	52
Tabla 6 - Medidas puntalinos (Catia)	54
Tabla 7 - Comparación mediciones puntalinos y RPS's (teóricas)	55
Tabla 8 - Desviación media RPS's en Y.....	56
Tabla 9 - Desviación media RPS's en X.....	59
Tabla 10 - Tiempo por punto.....	68
Tabla 11 - Tiempos llegada.....	71
Tabla 12 - Tiempos salida.....	71
Tabla 13 - Ahorro nuevo procedimiento	85
Tabla 14 - Prueba estática - 30 ciclos - 100% vel.	94
Tabla 15 - Prueba estática - 30 ciclos - 50% vel.	95
Tabla 16 - Desviación estándar por grupo de muestra.....	97
Tabla 17 - Prueba estática - 150 ciclos - 100% vel.	98
Tabla 18 - Prueba estática - 150 ciclos - 50% vel.	99
Tabla 19 - Prueba dinámica - 150 ciclos - 100% vel.....	101
Tabla 20 - Diferencias desviación estándar (Estática vs Dinámica)	102
Tabla 21 - Errores iniciales	105
Tabla 22 - Errores finales.....	106
Tabla 23 - Tareas de mantenimiento	168

Índice de gráficas

Gráfica 1 - 6 Sigma (e. 100%, 30c) 160 puntos.....	35
Gráfica 2 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 100%, 30c.) 160 puntos	36
Gráfica 3 - 6 Sigma (e. 50%, 30c) 160 puntos	37
Gráfica 4 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 50%,30c) 160 puntos	37
Gráfica 5 - Comparación de indicadores (50% vs 100% , 30c) 160 puntos	38
Gráfica 6 - Evolución del indicador 6Sigma con el núm. de muestras	41
Gráfica 7 - Rango (e. 100%, 150c) 160 puntos	42
Gráfica 8 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 100%,150c) 160 puntos	43
Gráfica 9 - Rango (e. 50%, 150c) 160 puntos	44
Gráfica 10 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 50%,150c) 160 puntos	45
Gráfica 11 - Rango y 6Sigma (100% vs 50%)	45
Gráfica 12 - Comparación puntos (Estática vs Dinámica)	48
Gráfica 13 - Desviación estándar vs Dif. desviaciones.....	49
Gráfica 14 - Rango (Análisis efecto algoritmos)	63
Gráfica 15 - Resumen tiempo ciclo	66
Gráfica 16 - Resumen tiempo ciclo (Prod. continua)	67
Gráfica 17 - 100% vs 50% vs Delay 1s vs Delay 0,5s.....	75
Gráfica 18 - Comparación tendencia F1 vs F2.....	77
Gráfica 19 - Resumen tiempos de compensación.....	80
Gráfica 20 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (6 Sigma)	96
Gráfica 21 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (Rango).....	96
Gráfica 22 - Comparación pruebas estáticas 150 ciclos (6 Sigma)	100
Gráfica 23 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (Rango).....	100
Gráfica 24 - Desglose de tiempos - 30 ciclos consecutivos.....	104
Gráfica 25 - Evolución mediciones por temperatura.....	158

Resumen

El proyecto consiste en analizar y mejorar el error en la medición del sistema de medición in-line PERCEPTRON en Volkswagen Navarra.

El sistema está compuesto por una bancada de control de cotas dotado de 4 robots provistos con cámaras láser para la medición de una serie de puntos establecidos de las carrocerías.

El proyecto tiene como objetivo la mejora de la calidad de las mediciones, así como un aumento porcentual de las carrocerías medidas respecto a las fabricadas, actualmente el 75% de las carrocerías ensambladas en la cadena de montaje.

Las actuaciones encaminadas en la mejora de la precisión de las mediciones se basarán en los elementos más influyentes en la precisión y repetibilidad del sistema en su totalidad, estos son:

1. El estudio y la comprobación del efecto de la velocidad de los robots en la repetibilidad del posicionamiento del robot.
2. El estudio y la comprobación de la repetibilidad del posicionamiento del “patín” (soporte que transporta la carrocería) en su punto de destino.
3. Estudio y comprobación del servosistema de posicionamiento del patín.
4. Estudio y comprobación del efecto del algoritmo, robustez del mismo ante diferentes carrocerías.

Se tratará de analizar cómo afecta cada una de las partes a la calidad de la medición, tratando de detectar el efecto de cada uno de los procesos involucrados en el error final de esta.

El proyecto contempla la realización de las pruebas necesarias y el estudio de los distintos sistemas empleados para determinar su influencia en el error, así como el planteamiento de soluciones a los defectos encontrados en cada una de las partes anteriores.

El proyecto contempla asimismo la optimización del tiempo de ciclo de medición, de cara a aumentar el número de carrocerías comprobadas (actualmente el 75%) reduciendo el número de puntos de medición de cada operación y el análisis posterior mediante las herramientas estadísticas oportunas.

Se deberá realizar un estudio de los puntos medidos actualmente para determinar qué puntos de medición son imprescindibles, cuales son prescindibles por no afectar a procesos y tener sólo un carácter informativo, así como aquellos de los que hay que realizar un seguimiento al influir en procesos posteriores.

Esta parte incluye también un estudio del efecto de paradas realizadas por defectos en la medición (Q-STOPS), que afecta adversamente al número de carrocerías medidas, e intentar dar una solución a la misma.

Listado de palabras clave

6 Sigma: Indicador estadístico que indica la desviación de la muestra (detallado en el [ANEXO 2 – Capítulo 1](#)).

CATIA: (Computer-Aided Three dimensional Interactive Application) programa informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por ordenador.

Centro de Coste (Cost Center): unidad organizativa dentro del funcionamiento del SGC (Sistema de Gestión de Calidad) y que puede emitir documentos propios del sistema de calidad (procedimientos...).

CMC: Calidad Material de Compra.

Cockpit: Salpicadero.

Coliso: Figura descrita por dos semicírculos unidos entre sí por dos líneas rectas. Mecánicamente tiene libertad en una dirección.

Delay: Retardo.

Dummy: Pieza ficticia que se utiliza para simular una real.

EEMM: Elementos móviles.

Espada: Parte delantera del conjunto lateral.

Frontend: Parte delantera de la carrocería

Huelgo: Espacio libre entre dos piezas que han de encajar entre sí.

Lay Out: esquema de distribución de los elementos dentro un diseño.

Mascarón: Nombre que recibe la carrocería antes de recibir los EEMM.

MIG: Proceso de soldadura por arco bajo gas protector (inerte) con electrodo consumible.

Offset: Valor constante de separación entre un valor ideal o deseado y el real.

Q-Stop: Parada ocurrida en la estación de Perceptron por desviaciones en la medición de puntos importantes.

Perceptron: Sistema de medición láser sin contacto.

Puntalino: Pieza encargada de centrar la carrocería en la estación de medición (centrador).

RbA, RbB, RbC, RbD: Cada uno de los Robots de la estación de medición. (Robot A...).

Repetibilidad: “la variación en las mediciones obtenidas cuando una persona usa el mismo equipo de medida para medir características idénticas de las mismas piezas”.

RPS: Reference Point System. Punto de referencia dentro de un sistema.

Schablonenbau: Departamento que se encarga de realizar correcciones en las instalaciones para asegurar la geometría del vehículo.

Skid: Patín y soporte de la carrocería en la línea.

1. Introducción

1.1. Grupo Volkswagen

El término “el coche del pueblo” –Volkswagen- comienza en Alemania en 1904, un artículo publicado en un periódico llamado “Der Motorwagen” ya sopesaba las ventajas de un coche producido en masa comparándolo con la motocicleta que por aquel entonces era el medio de transporte más popular.

En el 34 Ferdinand Porsche recibe el encargo de desarrollar un coche subvencionado por el estado. Porsche presentó el primer prototipo del VW serie 3 en Julio de 1935, con un chasis de madera y acero, algo común en los automóviles de la época.

Tras la segunda guerra mundial el ejército británico fue el encargado de llevar a buen término este proyecto, partiendo de una fábrica destrozada por la guerra. Reanudo la producción del Beetle durante estos difíciles años de la posguerra.

A partir de la emisión de acciones por parte del gobierno federal en 1960 en el mercado de valores alemán la empresa se convirtió en Volkswagenwerk Aktiengesellschaft, que terminaría siendo VOLKSWAGEN AG en 1985 para reflejar la diversificación que se estaba dando en la empresa.

Actualmente en el Grupo Volkswagen se engloban algunas de las multinacionales más importantes del sector:

- Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche, SEAT, Skoda, Scania, MAN, VW Vehículos Comerciales, VW, Ducati e Italdesign Giugiaro.

El grupo opera en 106 plantas de producción en 19 países europeos y en otros 8 de América, Asia y África. Cada día 572,000 empleados alrededor del mundo producen 39,350 vehículos que se venden en 153 países.

Volkswagen Navarra es una de las 106 plantas de producción del Grupo Volkswagen y actualmente fabrica el Polo A05GP.

1.2. Volkswagen Navarra

Volkswagen Navarra dispone de un único centro de producción que se encuentra en Arazuri, comenzó su producción en 1966 y en 48 años de vida ha fabricado modelos para distintos consorcios automovilísticos.

Actualmente la actividad de VW NA está centrada en la producción del Polo, componentes, accesorios y piezas de recambio. Desde el 2003 además realiza la actividad de consolidar y exportar piezas y componentes de proveedores del sur de Europa con destino a otras empresas del Grupo Volkswagen (China, India, Argentina y Sudáfrica).

Volkswagen Navarra da trabajo a más de 4400 personas permitiendo esto una capacidad productiva de 1400 coches/día del Polo, producción que se distribuye alrededor del mundo en más de 75 países.

También es capaz de aumentar la producción cuando aumenta la demanda contratando a trabajadores eventuales los fines de semana.

Estos datos incluyen solo a personal de VW NA, además emplea indirectamente también a más de 1300 personas que dan sus servicios a proveedores dentro de la fábrica y a casi 2000 que trabajan para empresas que se encuentran dentro del parque de proveedores.

	2010	2011	2012	2013
Ventas (coches)	336.336	353.353	287.287	289.589
Ventas (millones euros)	3.056,9	3.237,7	2.617,0	2.625,8
Productividad (coches/persona)	68,9	66,8	67,9	70,3

Tabla 1 - Ventas VW NA

Por ello Volkswagen es parte vital de la economía navarra siendo la empresa que más empleo genera.

En el 2013 VW NA vendió 289.589 coches arrojando un beneficio después de impuestos de 50,17 millones de euros.

1.3. Proceso productivo VW NA

La fábrica de Volkswagen Navarra está compuesta de distintas naves que cumplen una función específica:

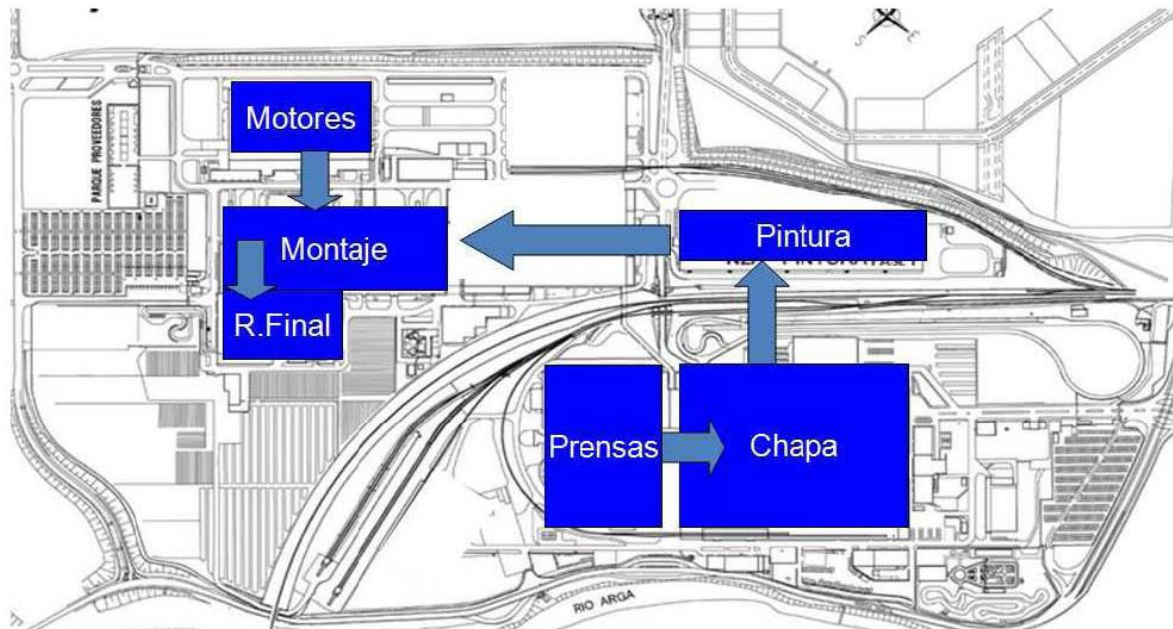


Ilustración 1 - Proceso productivo

- Prensas:

El primer paso del proceso de producción es la estampación de las distintas piezas de la carrocería. Esta parte del proceso se realiza en el taller de prensas desde el modelo Polo A03.

Actualmente se fabrican 34.000 piezas con ayuda de tres prensas (dos de 38.000 KN de fuerza de prensado y otra de 81.000 KN que se extiende a lo largo de 53 metros). La materia prima es suministrada por un proveedor externo ya cortada y colocada en palets de entre 400 y 500 unidades.

- Chapistería:

En el taller de chapistería se realiza la unión de las piezas troqueladas procedentes de Prensas así como otros proveedores externos.

El taller 1 se encarga de construir la carrocería sin elementos móviles (EEMM) formado a su vez por dos fábricas simétricas. Al final del taller 1 se ensamblan en dos líneas continuas los distintos EEMM que se colocan en la carrocería.

Dado que el proyecto se centra en el taller de chapistería, se deja este breve resumen a modo de introducción que será ampliado en el punto siguiente.

- Pintura:

Este proceso es uno de los más difíciles y delicados, dividido en dos fases fundamentalmente.

En la primera fase recibe los tratamientos necesarios para su protección y resistencia a las agresiones externas, además de facilitar la adherencia posterior de la pintura.

En la segunda se dan masillas de sellado, color, PVC y por último la cera que protege los huecos. La capacidad de este taller es de 1500 carrocerías / día.

- Motores:

Este taller incorpora los medios para montar el conjunto motopropulsor en su totalidad, Así mismo en este taller se encuentra la línea de guarnecido de puertas procedentes del taller de montaje.

- Montaje:

En este taller se completa el vehículo añadiendo los componentes elegidos por el cliente. Es el taller que cuenta con más trabajadores ya que se trata de un proceso realizado manualmente aunque con la ayuda de robots.

Al salir de Pintura llega a Montaje y se le añade un cartelino con las especificaciones. El vehículo viaja suspendido hasta alcanzar el cuarto tramo donde se colocan las ruedas y continúa su traslado por el suelo.

- Revisión Final:

Es el encargado de probar el coche para que calidad de su visto bueno. Se verifica el funcionamiento correcto de todos los elementos eléctricos y mecánicos, ruidos, entrada de agua así como retocar las anomalías que pudieran darse en el coche.

Una vez se han verificado todas sus partes y se ha realizado una prueba de conducción, el coche está listo para el cliente.

2. Chapistería

2.1. Taller de chapistería

Para tratar de comprender mejor la finalidad del proyecto se considera necesario explicar los procesos previos a la medición.

En el taller de chapistería se da la unión de las distintas piezas para conformar el mascarón.

El taller de chapistería está caracterizado por su gran automatización, cerca del 95%. Esto se consigue con ayuda de 439 robots en el taller 1 y 95 en el taller 1B que son los encargados de soldar, manipular así como de la aplicación de masillas.

Actualmente se fabrican diferentes combinaciones alcanzando 8 tipos de carrocerías distintas, estas son:

- Techo normal o abrible.
- Dos versiones de laterales, 2 o 4 puertas.

2.2. Taller 1

La carrocería es trasladada a lo largo del taller 1 con un sistema que combina gancho telescópico y "skid".

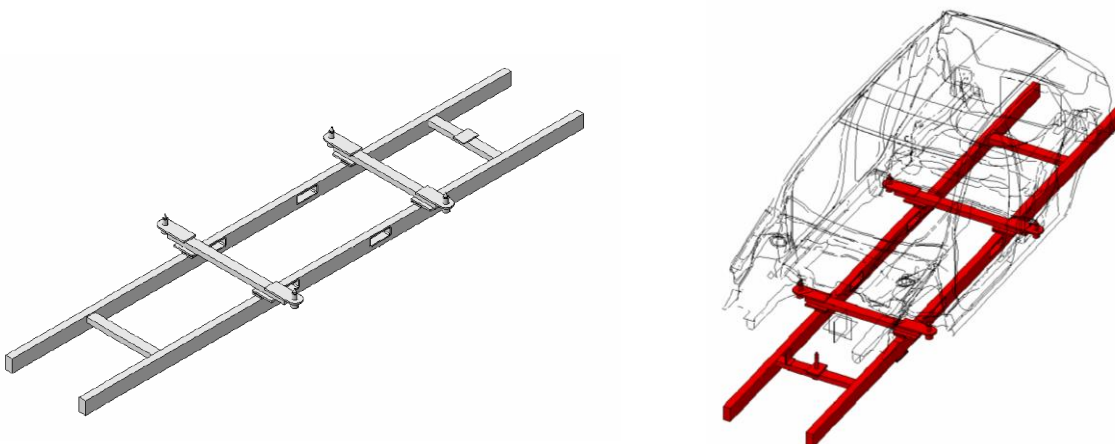


Ilustración 2 - Skid de transporte

El sistema de skid tiene aproximadamente 1700 metros y consiste en un patín guiado por una mesa de rodillos y cintas motorizadas.

El proceso que se va a explicar a continuación se da en **dos fábricas simétricas**, Fábrica 1 y Fábrica 2.

La Fábrica 2 se encarga solamente del modelo más demandado de la fábrica, el modelo de 4 puertas y techo normal, en esta se fabrican los componentes (laterales, techo, autobastidor...) que completaran la formación de carrocerías 4P techo normal.

Mientras que en la Fábrica 1 se realizan el resto de modelos además de fabricarse también el modelo citado en fabrica 2. En esta se fabricarían los modelos de 2 y 4 puertas con techo normal así como los modelos de 2 y 4 puertas con techo abrible, denominados PAD+.

Ambas fábricas son completamente simétricas, las carrocerías permanecen separadas hasta alcanzar Mascarón 2, en este punto todas siguen la misma línea para ser medidas en PERCEPTRON aunque más adelante volverán a separarse para ser completadas en las líneas finish o líneas de elementos móviles (LEM 1 y LEM 2).

Se va a explicar el funcionamiento de una de las dos fábricas que obviamente es también valido para la otra.

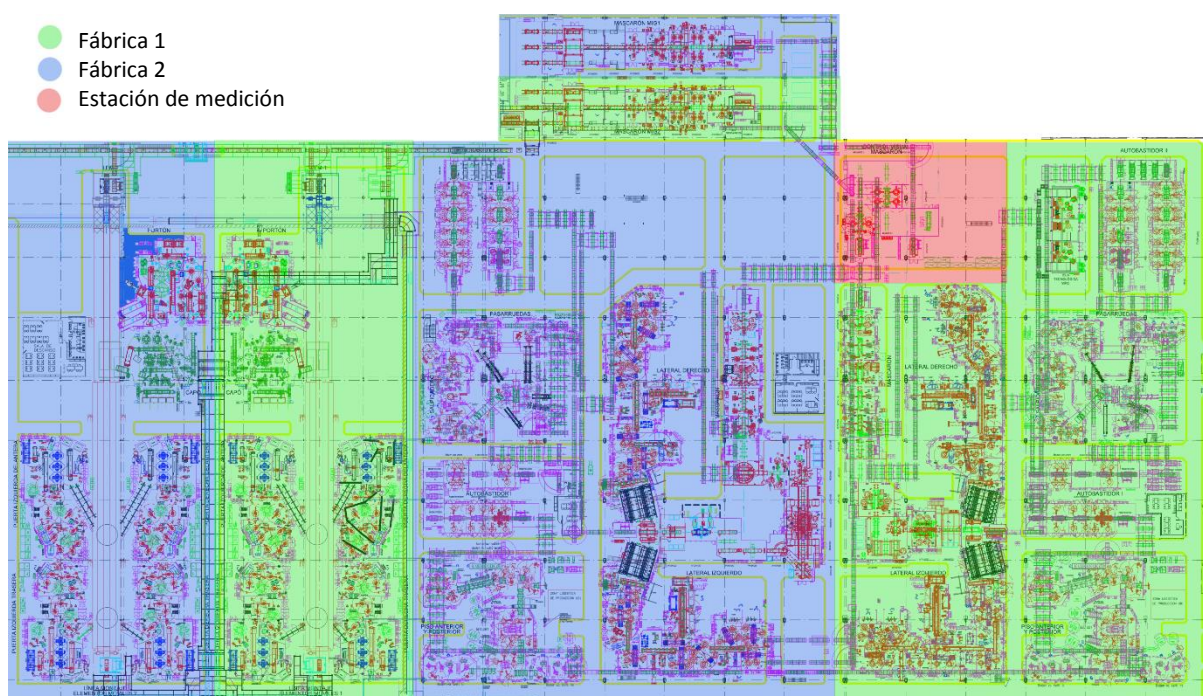


Ilustración 3 - Lay Out chapistería

El proceso comienza con la unión automática de los pisos anterior y posterior así como los largueros (en los largueros se encuentran los RPS's en los que apoya la carrocería en la estación de medición), esta unión da lugar a Autobastidor I que es la base de la carrocería.

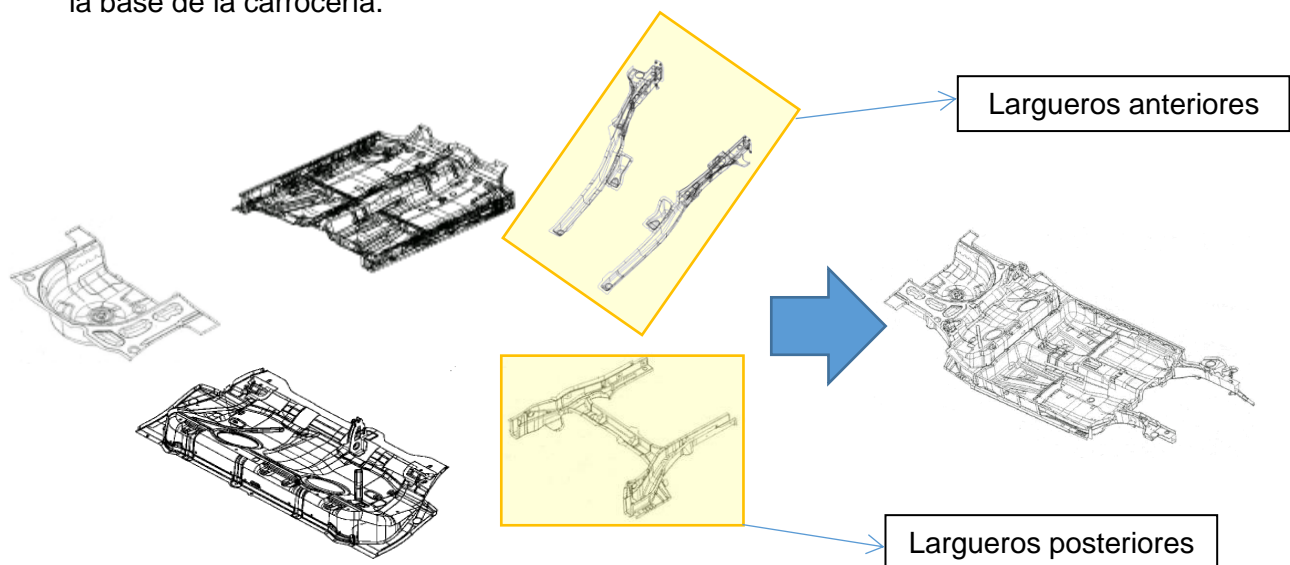


Ilustración 4 - Autobastidor 1 (incluye largueros)

Desde ahora una chapa acompaña a la carrocería a lo largo de todo el proceso, esta chapa tiene un código asignado denominado PIN que identifica la carrocería. A continuación unos robots manipuladores añaden a lo anterior los subconjuntos que una vez engrapados darán lugar al autobastidor II, estos son, Salpicadero, Faldón posterior y pasorruedas.

Antes de continuar, el Autobastidor II pasa por una estación de medición PERCEPTRON similar a la utilizada en el mascarón y que es en la que se centra este proyecto y una vez medido el autobastidor llega a la estación donde es colocado el techo para avanzar hasta la que suelda tanto este como los laterales. Después avanza por dos líneas MIG para completar la soldadura lateral y llega a mascarón 2 donde se une con la otra fábrica.

En este momento avanza conjuntamente hasta la estación de medición PERCEPTRON, estación en la que está centrado este proyecto.

Después del taller 1 las carrocerías vuelven a separarse en función de la fábrica de la que procedían para dar paso al ensamblaje de los elementos móviles. Las partes móviles se montan divididas en seis grupos, puertas posteriores tanto izquierda como derecha, puertas anteriores tanto izquierda como derecha, portones y capós.

La división es la misma que la que había en Fábrica 1 y Fábrica 2, pasando por la Línea de Elementos Móviles 2 (LEM 2) sólo carrocerías de 4 puertas y techo normal.

3. PERCEPTRON

3.1. Introducción PERCEPTRON

PERCEPTRON es un sistema de medición IN-LINE, es decir, las carrocerías son medidas sin salir de la línea y continúan su camino una vez medidas.

Para realizar la medición sin contacto se utiliza un sistema de medición por láser que funciona de la siguiente manera:

1. El sensor proyecta un abanico de luz láser hacia la pieza.
2. Donde el plano láser corta la superficie de la pieza, aparece una línea roja que representa su contorno.
3. La cámara capta la imagen reflejada de la línea láser y la convierte en una imagen digital.

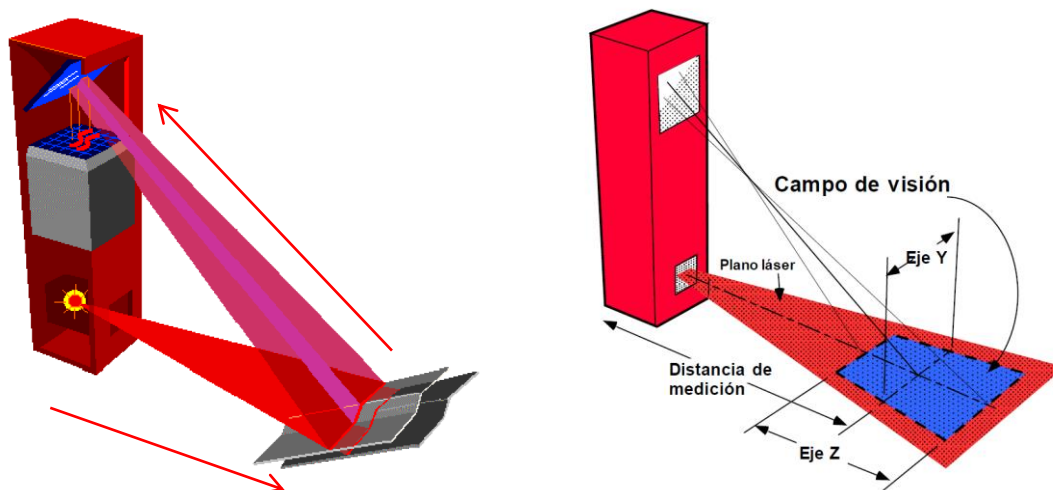


Ilustración 5 - Sensor láser

Cuando se instalan los sensores se realiza una calibración para que las mediciones se realicen en función del sistema de coordenadas del vehículo.

Para dicha calibración se toman como referencia los puntalinos, puntos fijos en los que apoya la carrocería.

Aunque estos puntos sean fijos la posición de la carrocería sobre ellos podría no ser siempre exacta, por tanto este será uno de los puntos que se analizarán más adelante para comprobar su efecto sobre la calidad de las mediciones.

Debemos destacar la forma en la que el sistema Perceptron nos da las mediciones, ya que al medir un punto no nos da sus coordenadas absolutas respecto a un sistema de referencia.

Cuando obtenemos mediciones de Perceptron este nos da variaciones de la medición respecto al valor nominal que Perceptron tiene almacenado sobre dicho punto.

Es decir si un punto tiene como valor nominal las siguientes coordenadas:

X: 100 Y: 100 Z: 100

Y al medir la carrocería dicho punto se encuentra en:

X: 100,40 Y: 100 Z: 99,12

El sistema Perceptron nos entregaría como valores de la medición las diferencias entre dichos valores, por tanto lo que obtendríamos sería lo siguiente:

X: 0,40 Y: 0 Z: -0,88

También es importante dejar claro cómo están colocados los ejes para comprender de qué se habla al hablar de mediciones o desviaciones de las mismas en diferentes ejes.

Si nos encontráramos sentados en el asiento del piloto, se consideraría el eje X hacia atrás, el eje Y hacia la derecha y el eje Z hacia arriba.

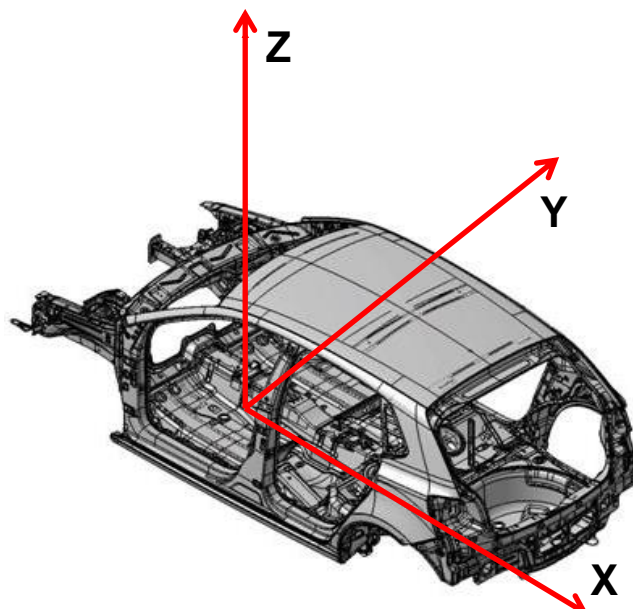


Ilustración 6 - Ejes del vehículo

3.2. Estación de medición

Como se ha explicado previamente en el apartado relativo al taller de chapistería las carrocerías de ambas fábricas se unen al llegar a esta estación y son medidas para después volver a separarse.

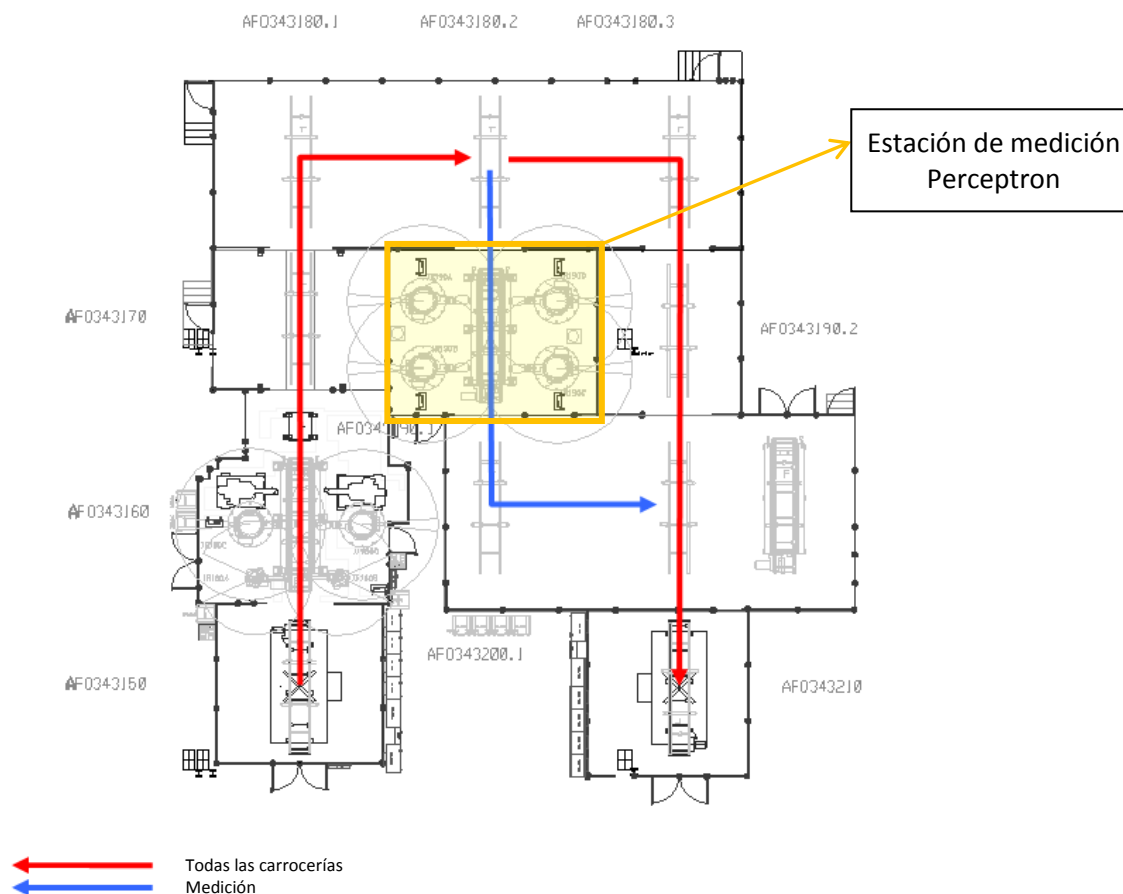


Ilustración 7 - Estación Perceptron

Las carrocerías llegan a la AFO 150 que se trata de una estación elevadora, en este punto ya llegan carrocerías de ambas fábricas indistintamente.

En caso de que fuera necesario introducir alguna carrocería manualmente de la cual queremos realizar una medición se realizaría por esta misma estación.

Si la estación de medición está libre las carrocerías seguirían el camino marcado en azul en la ilustración 7. Si por el contrario dicha estación está ocupada por una carrocería que está siendo medida seguirían por el camino marcado con una línea roja sin ser medidas por Perceptron. Esta problemática se da debido a que el tiempo ciclo (tiempo que tarda la estación en realizar las tareas que tiene programadas) de Perceptron es superior al tiempo ciclo de las estaciones previas, por lo tanto, cuando

la producción es continua no es posible medir todas las carrocerías que llegan a este punto.

De igual forma esto también se da cuando una de las carrocerías medidas tiene alguna medición importante fuera de tolerancia, cuando esto ocurre salta una alarma y la carrocería permanece dentro de la estación hasta que algún operario la revisa para comprobar la gravedad del defecto, así como la necesidad de establecer correcciones que solucionen el mismo.

Para tratar de mejorar en este aspecto se estudiará tanto como reducir el tiempo ciclo de la estación de Perceptron como una manera de atenuar la gran pérdida de tiempo que suponen los Q-STOPS (las paradas comentadas por medidas fuera de tolerancia) actualmente.

La estación está formada por 4 robots KUKA KR 150/3, estos están identificados como Rb10A, Rb10B, Rb10C y Rb10D.

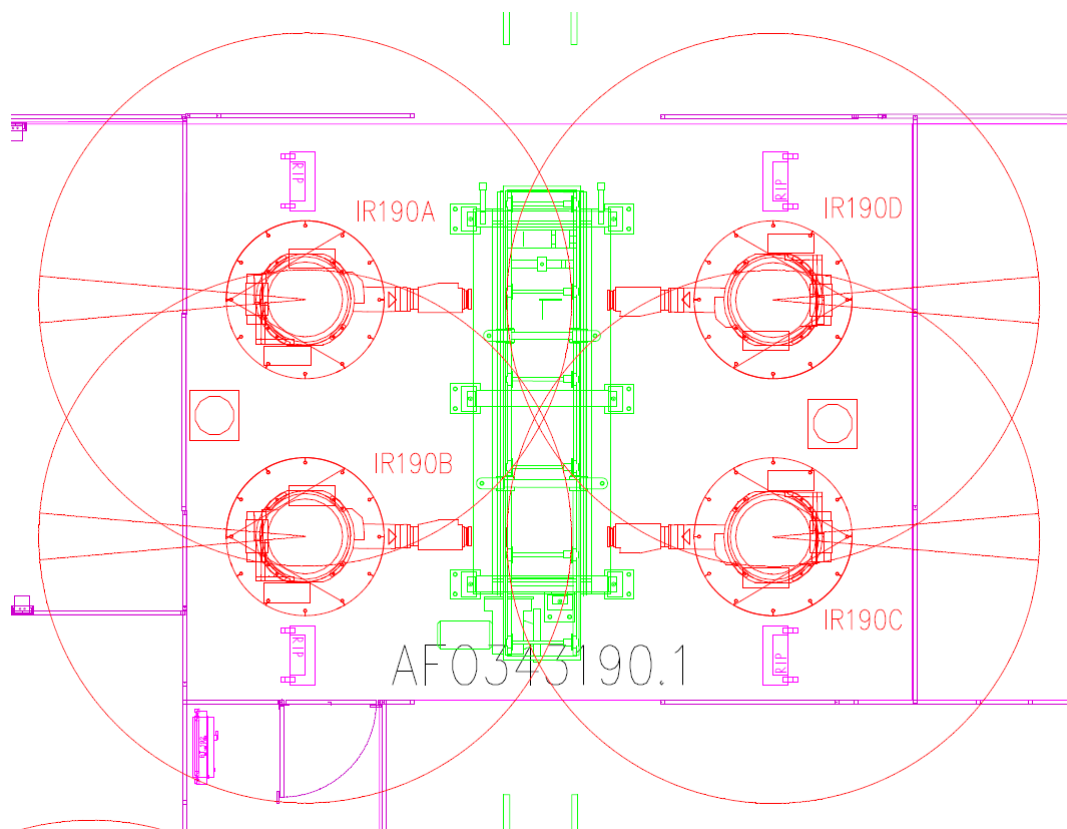


Ilustración 8 - Distribución robots

Las mediciones se dividen en parte anterior izquierda y derecha (Rb10A y Rb10D) y parte posterior izquierda y derecha (Rb10B y Rb10D).

Cuando la carrocería llega a la estación el skid la transporta hasta su interior movido por unos rodillos que desplazan el skid hasta que unos sensores detectan su posición.

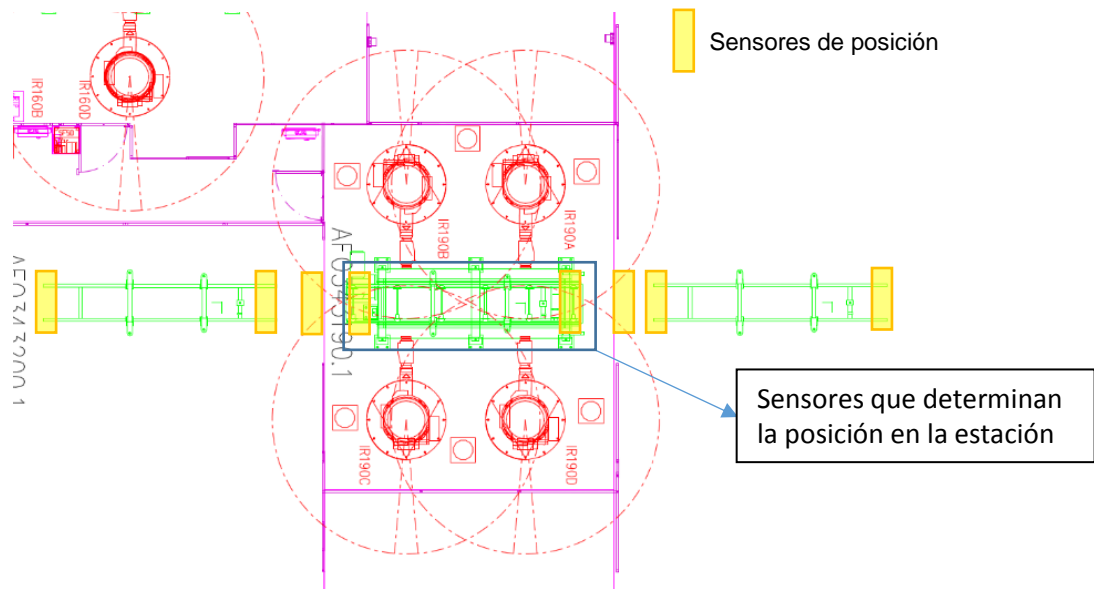


Ilustración 9 - Sensores de la estación

Una vez ha llegado a una posición determinada la mesa en la que apoya el skid desciende para depositar la carrocería sobre los puntalinos (se trata de un mecanismo biela-manivela, deteniéndose en sus posiciones extremas).

Los puntalinos son los encargados de asegurar la posición de la carrocería, y respecto a ellos ha sido calculado el sistema de coordenadas utilizado para realizar las mediciones.

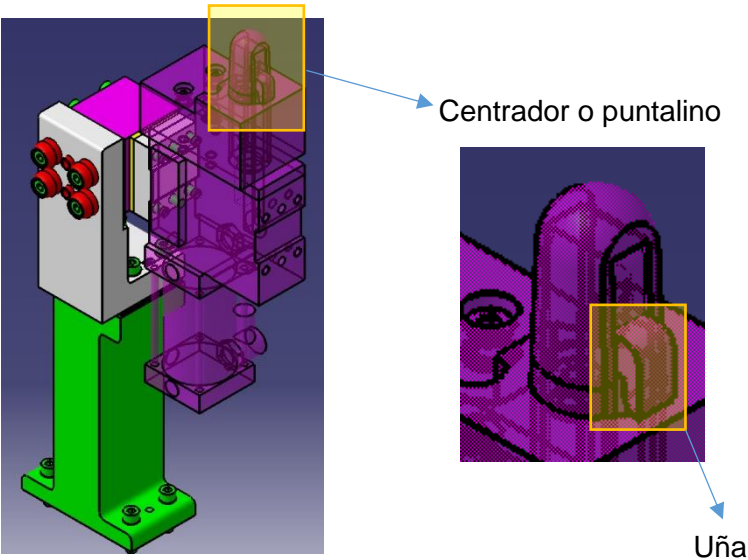


Ilustración 10 - Puntalino

El sistema de funcionamiento de los puntalinos centra la carrocería en ellos en caso de que la posición alcanzada no fuese correcta totalmente, gracias a su forma (Ilustración 10) que desplaza la carrocería hasta apoyar totalmente sobre ellos. Una vez apoyada una uña sale y ejerce presión hacia abajo asegurando la posición de la carrocería en Z.

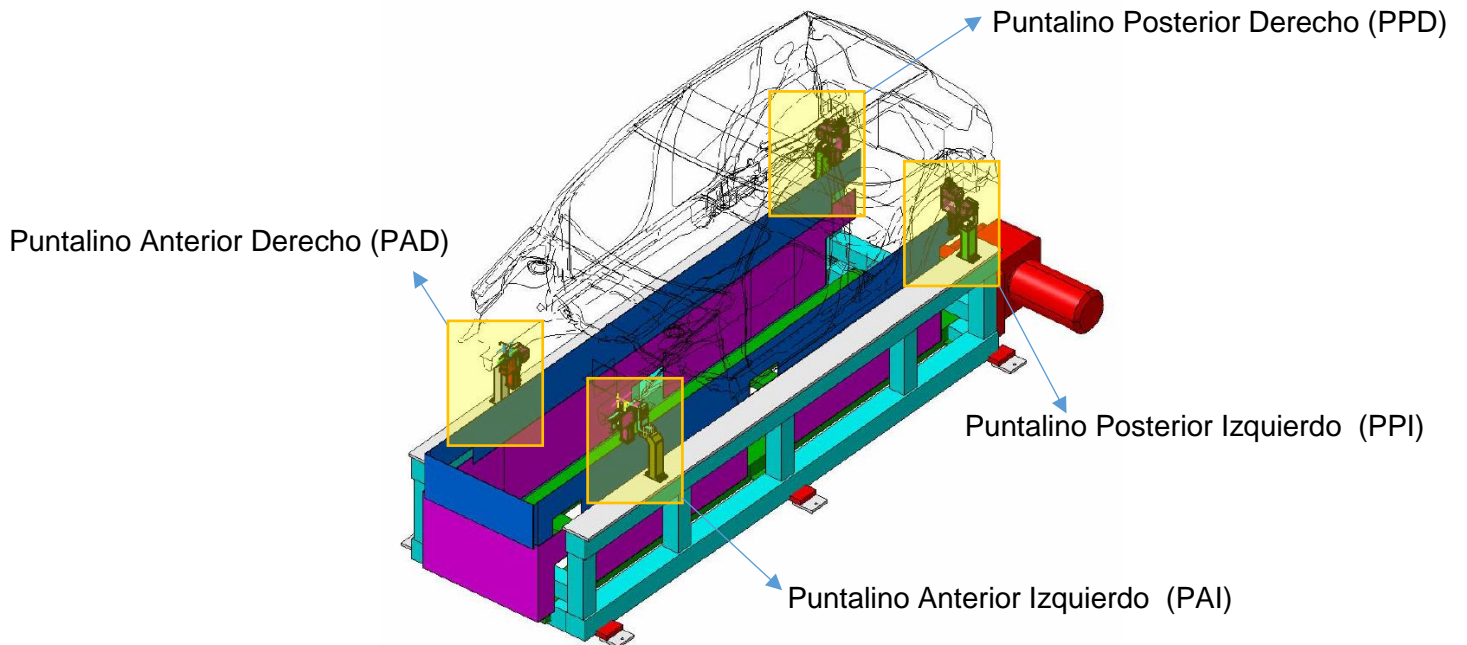


Ilustración 11 - Distribución puntalinos

Además de los robots y la mesa, la estación también dispone de unas pequeñas esferas que utiliza como referencias para la compensación de temperatura.



Ilustración 12 - Esferas de compensación

Gracias a estas los robots son capaces de compensar las posibles desviaciones en su posición por efecto de la temperatura.

3.2.1. Mediciones

Actualmente en el taller de chapistería conviven dos sistemas para realizar mediciones, ambos necesarios y que se complementan entre sí.

- Perceptron: sistema de medición in-line.

Los puntos medidos mediante Perceptron y su importancia se especifican en el [ANEXO 2 – Capítulo 3.](#)

- Mediciones técnicas:

Cuando se habla de mediciones técnicas se hace alusión a unas mediciones para las cuales una carrocería es extraída de la línea y se lleva a una sala donde es medida por medio de máquinas DEA MERCURY, éstas tienen un error inferior a 0,04 mm. La velocidad de medición hace que la muestra sea de aproximadamente dos carrocerías al día.

Ambos sistemas son necesarios y complementarios como se explicará más adelante.

3.2.2. Algoritmos

Los puntos de inspección deben "programarse" para que incluyan un determinado conjunto de parámetros o instrucciones para realizar sus mediciones.

Este conjunto de instrucciones de una característica determinada recibe el nombre de "algoritmo". Cada algoritmo de medición requiere que se definan los parámetros correctamente para obtener los resultados correctos, considerando las condiciones específicas de cada medición.

El conocimiento de estos no influye en la comprensión del proyecto, por ello una explicación más extensa se incluye en el [ANEXO 2 – Capítulo 2.](#)

4. Situación actual y origen del proyecto

Actualmente las mediciones de la carrocería son un punto clave en el objetivo de calidad que se marcan las empresas automovilísticas. Gracias a estas mediciones se pueden observar y controlar de una manera efectiva los defectos que puedan aparecer en el vehículo.

Si nos encontramos ante un portón en el que las holguras con los laterales son demasiado grandes, o un capó que no se encuentra enrasado con las aletas podría parecer que no es algo demasiado importante, sin embargo el control de estos defectos que muchos de nosotros ni siquiera veríamos son parte fundamental en el proceso de producción de Volkswagen Navarra.

Cuando hablamos de holguras grandes o partes del vehículo desenrasadas estamos hablando de variaciones en estas del orden de décimas de mm, algo a simple vista difícil de percibir pero a lo que se le da gran importancia.

Para llevar control y evitar que aparezcan estos defectos diariamente se realizan auditorías de calidad, en estas se puntúan los defectos encontrados en función de su importancia, tanto los defectos como las distintas auditorías se explican en el [ANEXO 2 – Capítulo 5.](#)

En este momento se intuye la importancia de las mediciones, cuando se detecta un defecto en las carrocerías, gracias a las mediciones es posible ver la situación en la que se encontraba la fábrica en el momento en el que la misma ha sido producida tratando de encontrar patrones entre los defectos y las desviaciones en las mediciones.

Pero a la hora de revisar las mediciones nos encontramos ante otro problema, mediciones técnicas nos da un valor que se considera “exacto” de las mediciones del vehículo, sin embargo, no miden más de uno o dos vehículos al día. ¿Qué implica esto?

- Podemos necesitar mediciones que no estarán disponibles hasta el día siguiente.
- Es posible que necesitemos mediciones de un modelo que no ha sido medido para determinar si el origen es la geometría de la carrocería o las piezas de los proveedores por ejemplo.

Por lo tanto no es suficiente con las mediciones que realizan en mediciones técnicas, para ello se hace uso del sistema Perceptron, ¿Qué beneficios y problemas presenta?

- La mayor virtud es la muestra que somos capaces de medir con este sistema, que actualmente se encuentra entorno al 75%.
- Además la medición se realiza en tiempo real, las carrocerías nada más salir de la línea ya han sido medidas y ante la aparición de defectos en las auditorías podemos encontrar la causa de los mismos en base a estas mediciones.
- Del mismo modo nos permite detectar defectos antes de que las carrocerías hayan sido auditadas. Suponiendo esto un ahorro en costes en retrabajos y evitando que muchas otras carrocerías salgan con el mismo defecto.

Los beneficios del sistema están claros sin embargo los problemas vienen al tratar de asegurar que estas mediciones son exactas, para explicar el origen del problema se van a explicar los conceptos de repetibilidad y precisión.

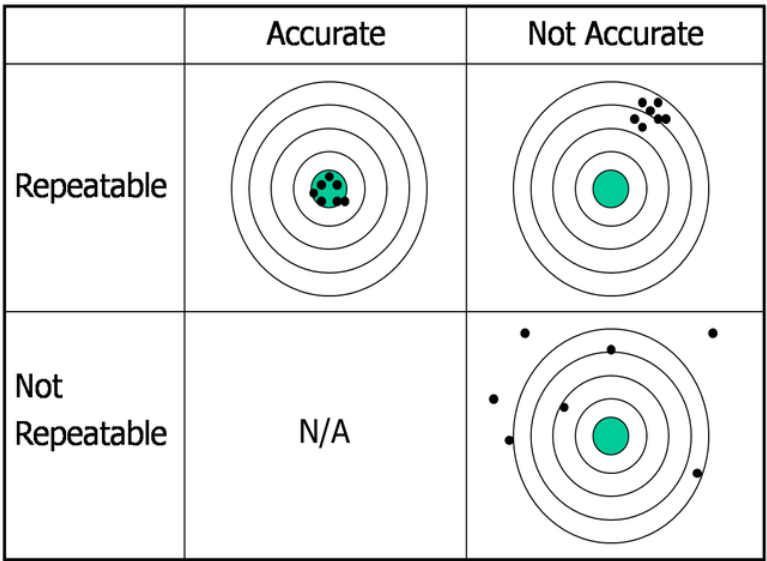


Ilustración 13 - Repetibilidad vs Precisión

Para explicarlo de la mejor manera posible se va a considerar que el punto verde de la imagen son mediciones técnicas, unas mediciones que se consideran “exactas” a todos los efectos.

Por lo tanto podría darse el caso de que en Perceptron estuviéramos midiendo con unas dispersión muy pequeña pero que estos valores se alejaban de los que obtenemos en mediciones técnicas, en este caso tendríamos mediciones repetibles pero no precisas.

Si además de tener una dispersión muy pequeña esta dispersión se diera alrededor del valor real tendríamos un sistema preciso y repetible, que es el objetivo de cualquier sistema de medición.

Por último podría darse el caso de que las medidas no fueran repetibles, en este caso no cabría la posibilidad de hablar de precisión ya que para que un sistema sea preciso la repetibilidad es un requisito indispensable.

Por lo tanto el primer paso es asegurar la repetibilidad de las mediciones, una vez asegurada la desviación respecto a la medida real podrá conseguirse mediante un offset.

4.1. Herramienta de correlación y problemas encontrados.

El objetivo de la herramienta de correlación sería introducir un offset a las mediciones de Perceptron para aproximarlas a su valor real. Por tanto si Perceptron midiera con una dispersión pequeña seríamos capaces de obtener mediciones precisas.

El problema está en que a la hora de realizar la correlación para establecer el offset citado algunos de los puntos presentan una situación que no permite el cálculo de este, esto implica que la repetibilidad del punto no ha sido asegurada previamente.

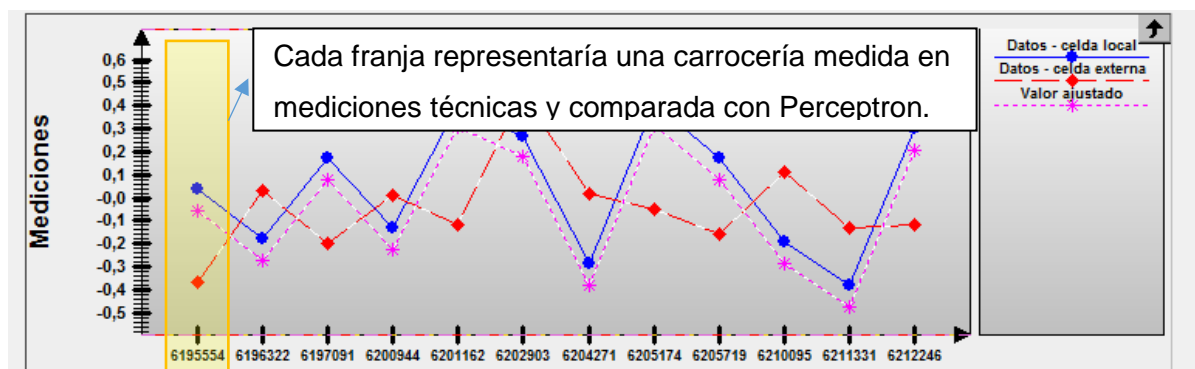


Ilustración 14 - Pantalla de correlación

En algunos de los puntos se observaba que no había una tendencia que corregir mediante offset, por tanto se ve necesario estudiar los distintos factores implicados en estas desviaciones y tratar de buscar una solución a las mismas.

Del mismo modo y como ya se ha comentado, gran parte de la importancia de Perceptron parte de su capacidad para medir el mayor número de carrocerías posibles.

Actualmente Perceptron tiene un tiempo ciclo de unos 60 segundos, lo que se traduce en aproximadamente el 75% de las carrocerías medidas. Si tenemos en cuenta el sentido de Perceptron para controlar la tendencia de las carrocerías, así como para poder comprobar ajustes defectuosos podría ser suficiente con una muestra del 75%. Sin embargo si nos centramos además en su importancia a la hora de detectar carrocerías mal ensambladas que pueden implicar un gran coste por retrabajos cobra importancia la necesidad de medir el mayor número de muestra posible, para ello sería imprescindible mejorar el porcentaje de carrocerías ensambladas frente a las medidas.

Para ello se deberá mejorar el tiempo ciclo de la estación, además de tener en cuenta el gran hándicap que suponen actualmente los Q-STOPS.

Se realiza un seguimiento durante 27 turnos consecutivos (se escogen dos semanas consecutivas con días festivos por medio para observar posibles casos extremos), comparando las carrocerías medidas frente a las ensambladas.

La muestra medida de la producción oscila habitualmente entre el 70 y el 80%, siendo el 80% el pico máximo en un día sin Q-STOPS o con Q-STOPS controladas de manera eficiente.

En el otro extremo tenemos turnos con muestras de un 6 o un 16%, pudiendo ser causado esto por problemas con la estación o con Q-STOPS desatendidas, ya que el actual control de Q-STOPS se realiza por medio de una baliza que se ilumina ante estas paradas y depende de ser vista por los operarios, cosa que no siempre ocurre con el consiguiente tiempo perdido (Los resultados de los 27 turnos se encuentran en el [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)).

En resumen el presente proyecto tiene como objeto el análisis de las circunstancias que puedan afectar a la precisión de las mediciones de la estación de Perceptron, cuantificando el efecto de cada una de ellas sobre la desviación total así como la propuesta de soluciones ante los problemas que se encuentren durante el análisis. Desde VW NA se considerarán ACEPTABLES mediciones que difieran menos de dos décimas con respecto a las mediciones de mediciones técnicas.

Además también tendrá como objetivo la reducción del tiempo ciclo de la estación para aumentar el porcentaje de carrocerías medidas en la misma, mejorando así el grado de control de la producción.

Por último se considerará el estudio del efecto de los Q-STOPS y una posible solución ante el tiempo perdido a causa de estos.

5. Análisis del error en la medición

En el presente proyecto se deben abordar dos problemas; tratar de encontrar los motivos que causan la desviación en las mediciones y buscar una solución a los mismos. Y por otro lado una mejora en el tiempo ciclo así como encontrar una manera de mejorar la gestión que actualmente se realiza de los Q-STOPS.

Se comenzará analizando la calidad de las mediciones y las posibles mejoras a realizar en este aspecto ya que podría darse el caso de que las acciones correctivas impuestas afectaran directamente al tiempo ciclo.

5.1. Planteamiento inicial

Como se ha observado al analizar el proceso de correlación, las diferencias entre el sistema de medición Perceptron y las medidas obtenidas en mediciones técnicas eran muy significativas. Para comprobar de una manera más clara las diferencias existentes entre ambos sistemas y el error que nos encontramos en la estación de Perceptron comparamos valor por valor las mediciones entre ambos.

			AV	Perceptron	Mediciones	Error
MRSTD1060	Z	723,542	1,28	13,46	1,28	12,18
MLSTD1060	Z	723,542	1,30	3,29	1,30	1,99
ESPL0001	X	-380,7	0,38	-0,59	0,38	0,97
MLSTD1060	Y	-552,346	-1,69	-2,64	-1,69	0,95
MLSTS1170	Y	-556,047	-0,68		-0,68	0,68

Tabla 2 - Diferencias Mediciones vs Perceptron

En la tabla 2 se encuentran recuadrados puntos que probablemente deban su error a la programación del algoritmo (en el caso del MRSTD1060 por una diferencia tan grande, y en el del MLSTS1170 por no ofrecer ningún dato la medición en Perceptron).

Lo más probable es que se deba a una mala programación del algoritmo que no gestiona correctamente el filtro láser o la exposición (ambos conceptos están explicado en el [ANEXO 2 – Capítulo 2](#)). Por tanto antes de comenzar con las pruebas para determinar qué efecto tiene sobre el error las distintas partes implicadas se reprograman algunos de los algoritmos que nos dan errores.

La situación a 5 de Marzo de 2014 era de 7 puntos que daban errores de medición, en algunos casos hasta el 25% de las veces, es decir algunos de ellos 1 de cada 4 veces no daba ninguna medición (La tabla que recoge los datos se encuentra en el [ANEXO 1 – Capítulo 2](#)).

De cualquier modo pueden existir más puntos con un algoritmo programado incorrectamente que no necesariamente deben dar error, como ocurría con el punto señalado en la Tabla 2, que daba una medición completamente errónea pero no obteníamos mensaje de error.

Se hace un repaso de los algoritmos de los puntos y se reprograman los puntos indicados para evitar errores y poder realizar las pruebas correctamente. De este modo se trata de conseguir unas pruebas fiables con el menor impacto posible de los algoritmos.

De igual modo se reprograman el resto de puntos que reportan errores mejorando mucho la situación. El 30 de Abril la situación era de 4 puntos que alguna vez daban error pero sólo en un 1% de las veces en el peor de los casos (Se pueden consultar los datos en el [ANEXO 1 – Capítulo 2](#)).

Se ha pasado de tener puntos con fallos el 25% de las veces a encontrarnos en el 1% en el peor de los casos.

Una vez evitada la posibilidad de no obtener datos a causa del algoritmo se procede a estudiar los diferentes factores que puedan afectar a la medición.

5.2. Estudio de los diferentes factores

A la hora de realizar el estudio se deben diferenciar claramente los factores que pueden afectar a la medición.

- Robots y su velocidad
- Posicionamiento del patín a causa del movimiento vertical.
- Repetibilidad del posicionamiento del patín en su punto de destino (movimiento transversal).
- Error introducido por el algoritmo.

Para el estudio de las desviaciones se utilizarán indicadores estadísticos como la desviación estándar, el rango o el 6Sigma. Se realiza una explicación de los mismos

en el [ANEXO 2 – Capítulo 1](#), se recomienda leerla si se desconoce alguno de los indicadores.

5.2.1. Estudio y comprobación del efecto de los robots y su velocidad

En primer lugar se va a estudiar el efecto que tienen tanto los robots como su velocidad en la calidad de la medición.

Para empezar se analizan los robots, características, repetibilidad y mantenimiento.

Los robots son KUKA KR 150/3 del año 2000, por lo tanto son robots viejos que pueden tener huelgos y holguras.

Teóricamente los robots tienen una repetibilidad de 0,2mm, además fueron adquiridos con un paquete de precisión que deja la misma en 0,1mm (esto implicaría un rango máximo de 0,2mm). Los datos técnicos de los robots pueden consultarse en el [ANEXO 3 – Capítulo 1](#).

Además debido a la antigüedad de los mismos se considera crítico el mantenimiento de los mismos. Para ello se pide documentación a mantenimiento de chapistería de VW NA que indique el mantenimiento realizado a los mismos.

Se analizan los informes de mantenimiento en busca de mantenimientos preventivos a los que se hayan sometido a los robots (Los informes se encuentran en formato digital – Informes mantenimiento debido a su formato).

Tras consultar con mantenimiento se concluye que el mantenimiento se encuentra al día, se trata de un mantenimiento bienal que repasa los aspectos más importantes de los robots.

2.1.3.- Revisión y tensión de correas 6º eje (Valor de referencia = 225).
2.1.4.- Revisión y tensión de correas 5º eje (Valor de referencia = 145).
2.1.5.- Comprobación del anclaje de la unidad mecánica a tierra.
2.1.6.- Limpieza y engrase de cremallera y zona de rodadura del 7º eje.
2.1.7.- Revisión de las transmisiones de los ejes 4, 5 y 6.

Tabla 3 - Tareas de mantenimiento (KUKA)

En la tabla 3 se adjuntas las tareas que se consideran más importantes para evitar posibles huelgos y holguras, la lista completa de tareas se encuentra en el [ANEXO 3 – Capítulo 3](#).

Por tanto el mantenimiento se realiza correctamente cada dos años, lo cual sigue las especificaciones del fabricante.

En vista del mantenimiento realizado se considera que la situación de los robots es la adecuada ya que se realiza el mantenimiento necesario para ello. Por tanto se considera totalmente factible conseguir la exigencia de VW NA de realizar mediciones que se desvíen como máximo dos décimas de su valor teórico.

5.2.1.1. Pruebas estáticas – 30 repeticiones sobre diferentes carrocerías

Con el fin de comprobar el efecto que tienen tanto los robots como la velocidad de estos se decide realizar pruebas estáticas al sistema.

Por prueba estática entendemos una prueba en la que la carrocería se queda en la misma posición durante las repeticiones que dura la prueba y sólo hay desplazamiento de los robots y los sensores láser.

En primer lugar para ver el posible efecto de la velocidad se realizaron dos pruebas; una prueba estática en condiciones habituales (100% de velocidad) y otra prueba estática a velocidad reducida (50% de velocidad).

Las pruebas consisten en 30 ciclos de medición completos en las condiciones mencionadas, y sobre carrocerías diferentes. Se recalca que se realizaron sobre carrocerías distintas ya que en un sentido estricto las pruebas deberían realizarse sobre la misma carrocería para evitar el efecto del algoritmo, siendo las posibles desviaciones a causa de la robustez de este las mismas en cada caso.

Aunque se considera que 30 ciclos podrían no ser completamente representativos de la población y el error introducido por el algoritmo sería distinto en cada caso, realizar las pruebas de este modo tiene un motivo.

La producción en Volkswagen Navarra se realiza en tres turnos, es decir, es continua las 24 horas al día y cada ciclo supone una carrocería no medida por el sistema.

Del mismo modo realizar las pruebas sobre una misma carrocería supone una problemática añadida. Para ello es necesario extraer la carrocería una vez superada la estación, trasladarla a un punto anterior e introducirla anulando las estaciones que se encuentran entre este punto y la estación de medición.

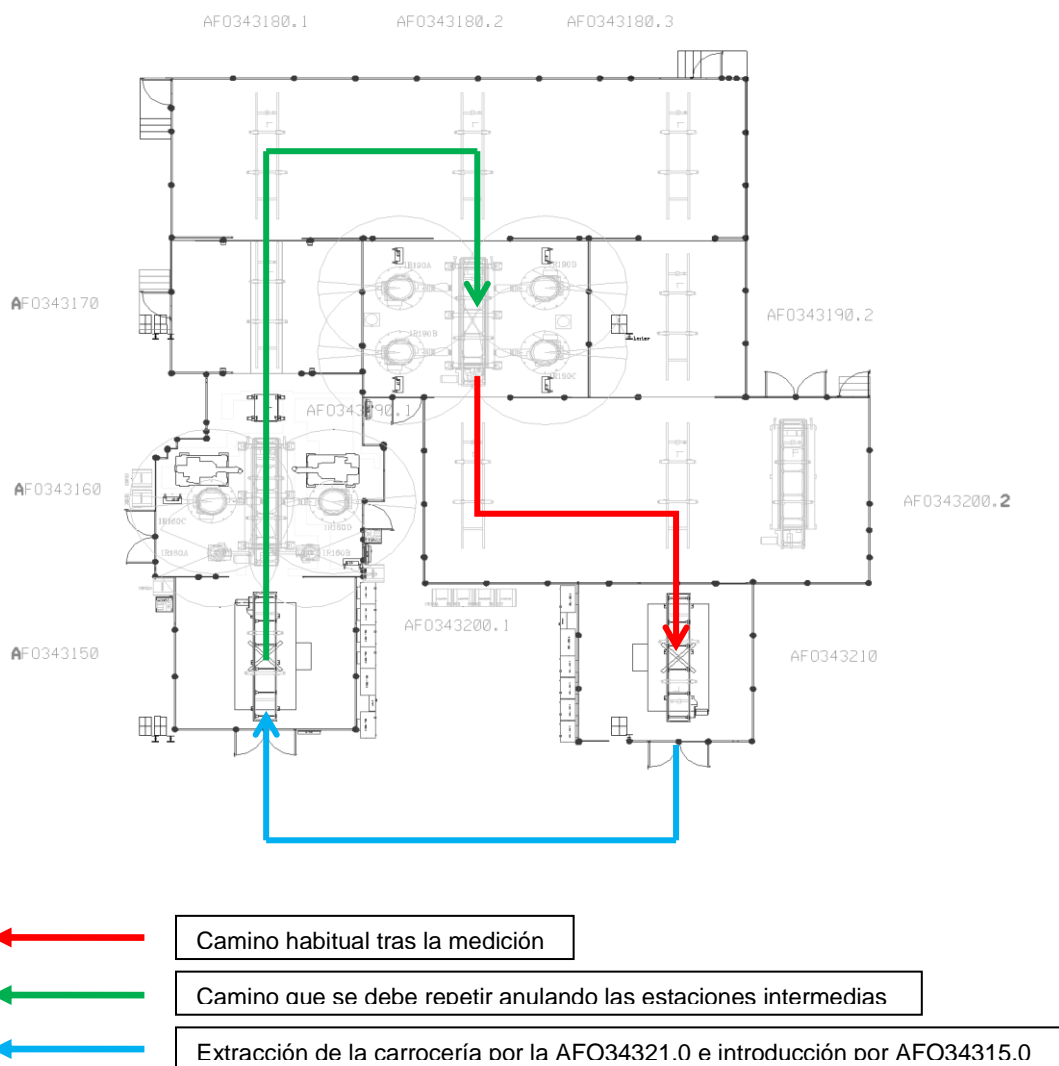


Ilustración 15 - Recorrido repetición pruebas

En la ilustración 15 se puede observar el recorrido que se debe realizar para repetir las mediciones en una misma carrocería, esto implica el uso de un carro para llevarla, así como la necesidad de pedir ayuda al personal de VW NA para anular las estaciones posteriores y manipular los elevadores.

Así pues, se realizarán las pruebas sobre carrocerías distintas y con una duración de 30 ciclos y en función de los resultados se valorará repetir las pruebas en condiciones distintas.

5.2.1.2. Resultados de la prueba estática

Prueba 1 (100% de velocidad):

- Realizada el 17/03/2014 entre las 12:04:27 y las 11:36:01 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 60 segundos.

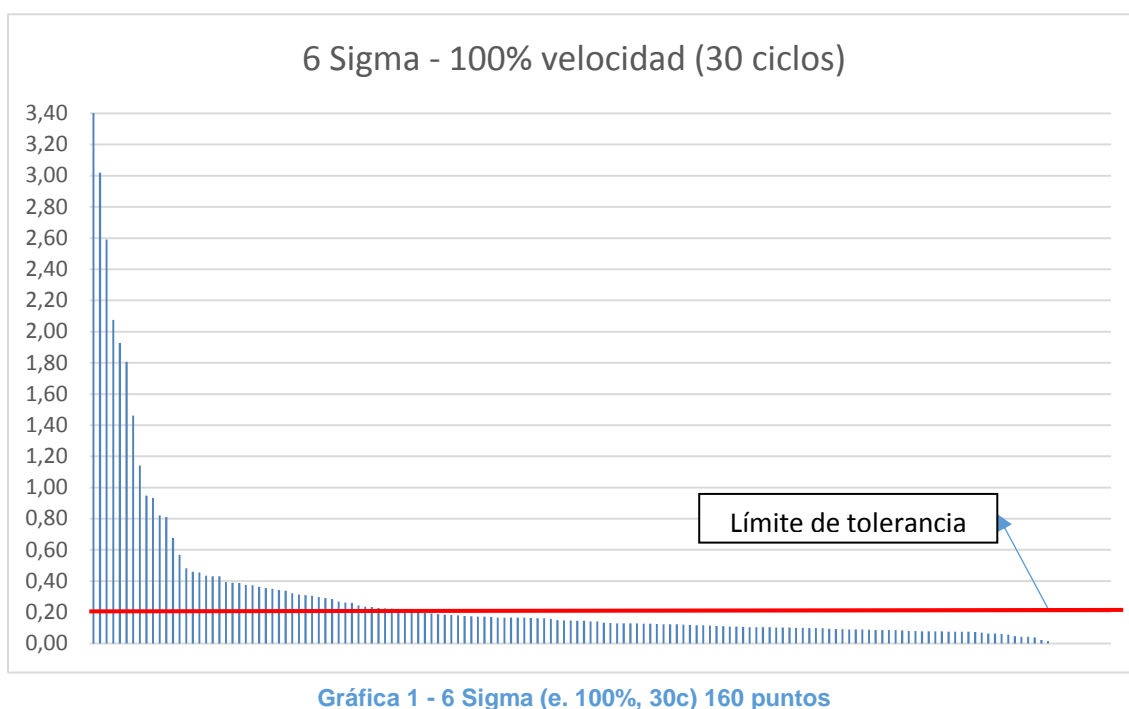
Una vez realizada la prueba se exportan los datos a un archivo Excel para su análisis. Sólo se analizan puntos de medición (las relaciones son consecuencia de estos). En las pruebas sucesivas se procederá de la misma manera.

Los resultados (véase [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)) muestran lo que se esperaba tras la situación observada en las correlaciones, valores excesivos de los dos indicadores utilizados.

Entre los 30 peores que se han añadido en las tablas se ven valores de 6 Sigma que oscilan entre 3 décimas (valor que ya consideraríamos malo) hasta los 3,53 mm.

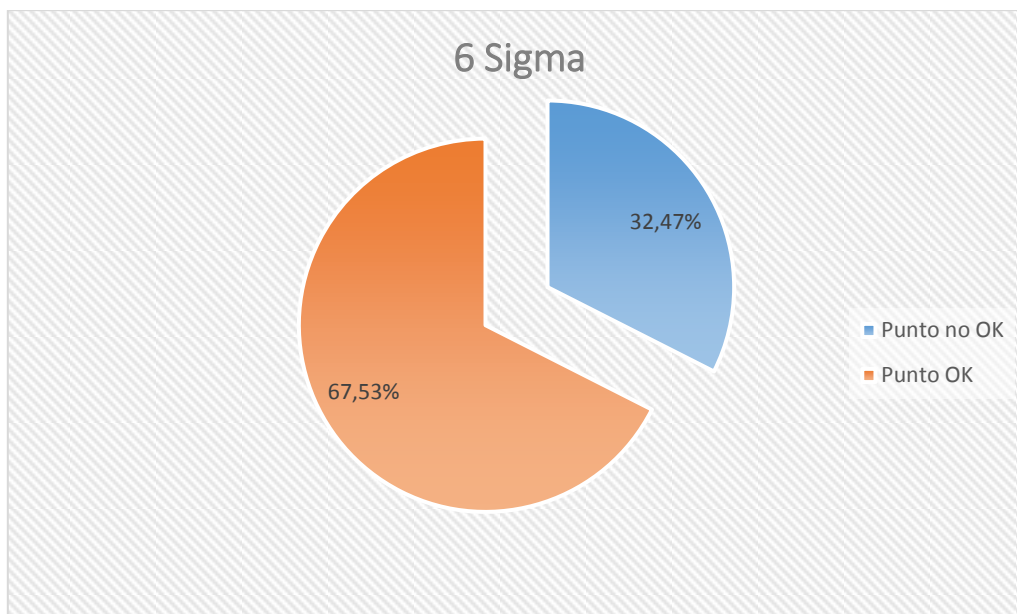
Del mismo modo entre los valores de los rangos obtenidos tenemos 30 puntos en los que el valor oscila entre 2 décimas y casi 2 mm.

Los resultados obtenidos implican que las mediciones que se están realizando actualmente, al menos en los 30 puntos mostrados no se encontrarían dentro de las exigencias de VW NA ya que simplemente las desviaciones a causa del robot superan a la máxima desviación contemplada como ACEPTABLE.



En la gráfica 1 se muestran los valores del indicador 6Sigma para cada uno de los puntos junto al límite máximo establecido.

Se utiliza el indicador 6 Sigma porque estamos tratando con una muestra pequeña por lo que el rango no se considera representativo.



Gráfica 2 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 100%, 30c.) 160 puntos

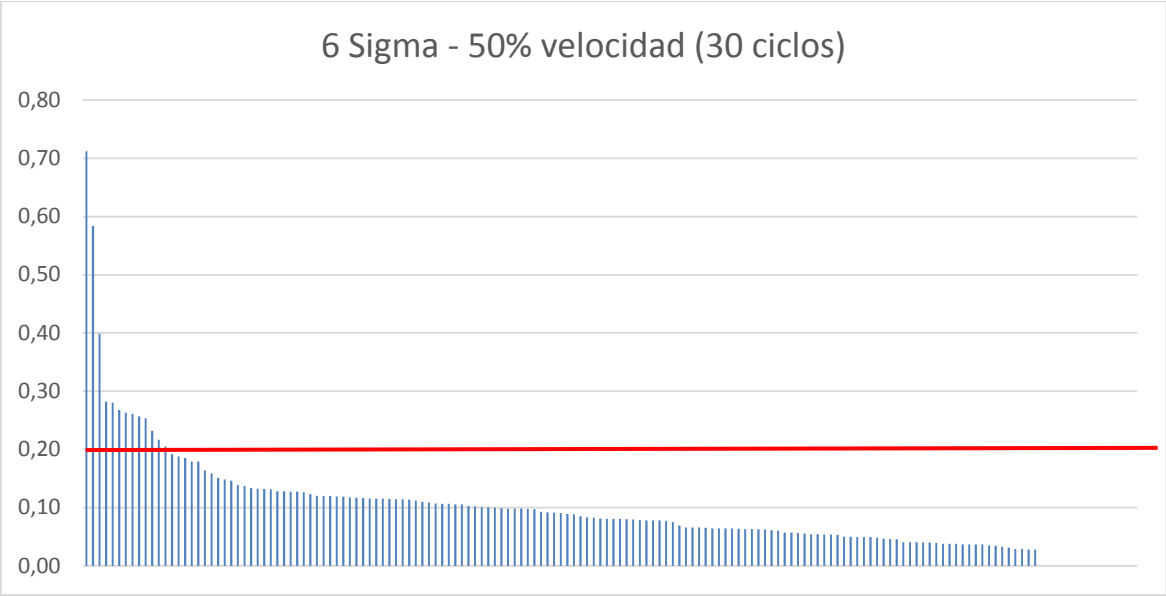
Como se puede observar en la gráfica 2 un 32,47% de los puntos se encontraría por encima del límite de desviación admitido.

Para comprobar el efecto de la velocidad sobre las mediciones se repite esta prueba reduciendo la velocidad de los mismos al 50%. Como ya se ha comentado se realiza sobre un carrocería distinta aunque se plantea el realizarla sobre una misma dependiendo de los resultados obtenidos.

Prueba 2 (50% de velocidad):

- Realizada el 17/03/2014 entre las 13:37:46 y las 14:17:25 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 80 segundos.

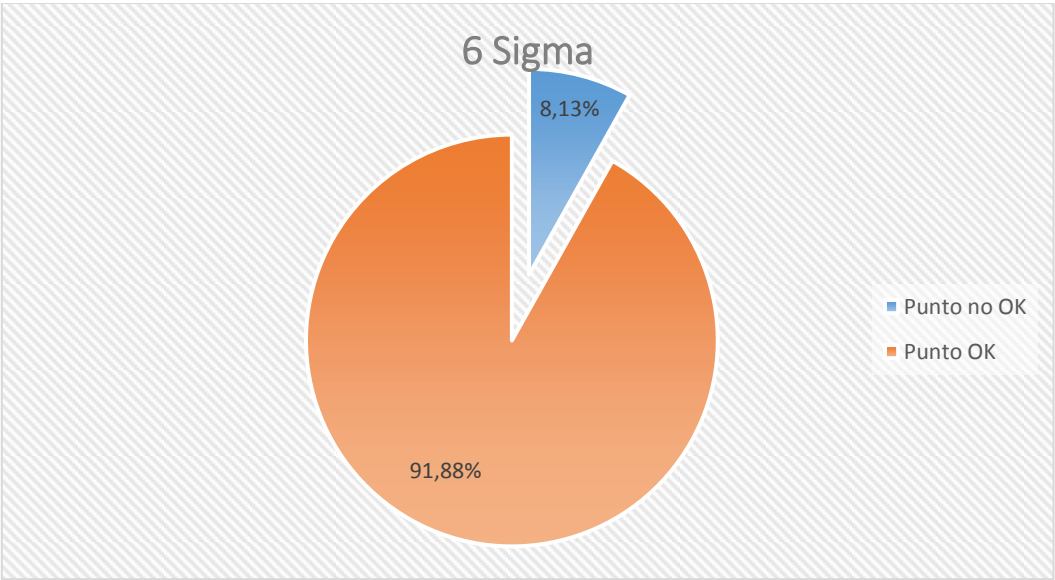
Entre los 30 peores que se han añadido en las tablas (véase [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)) se ven valores de 6 Sigma que oscilan entre una décima de desviación y 7 décimas, de los cuales más de la mitad se encontraría dentro de la tolerancia exigida. Los resultados obtenidos implican que la velocidad tiene una gran importancia en la calidad de las mediciones.



Gráfica 3 - 6 Sigma (e. 50%, 30c) 160 puntos

En la gráfica 3 se muestran los valores del indicador 6Sigma para cada uno de los puntos junto al límite máximo establecido, a simple vista se observa la diferencia.

Mientras antes casi un 20% de los puntos se encontraba fuera de la tolerancia exigida, al reducir la velocidad al 50% hemos pasado a tener la siguiente situación:



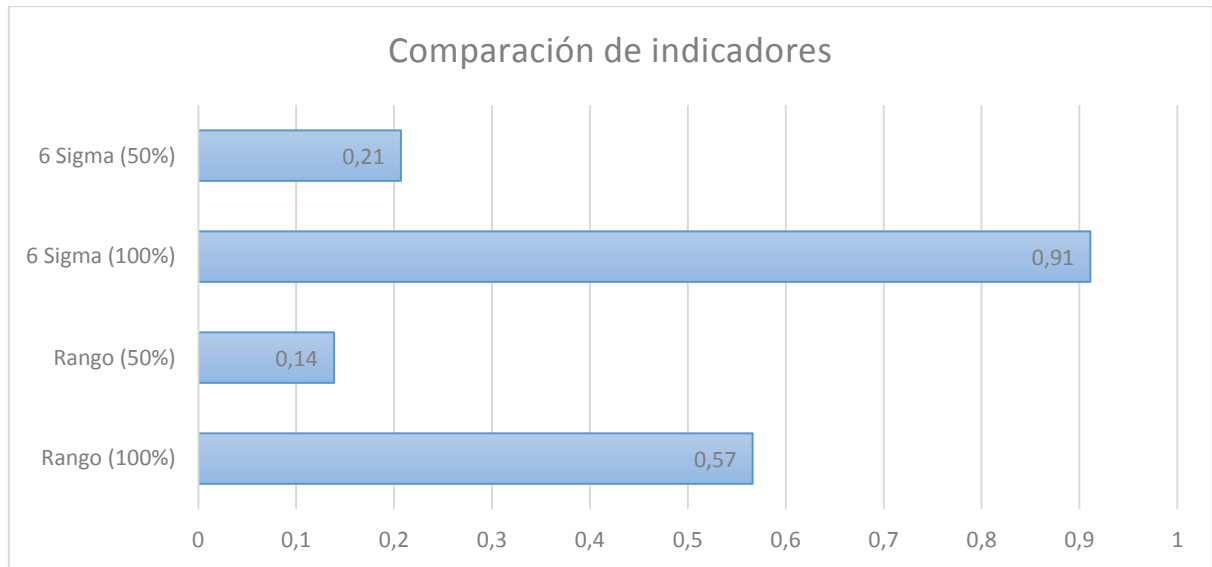
Gráfica 4 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 50%,30c) 160 puntos

En este caso se observa la gran mejora sufrida al modificar la velocidad, pasando del 32,47% que no se encontraban dentro de las tolerancias exigidas a un 8,13%.

Para comprender todavía mejor que mejora se ha conseguido se van a enfrentar ambas pruebas para comparar los valores de ambas así como la mejora conseguida.

Comparación entre ambas pruebas:

Para tener una visión general de la mejora se seleccionan los puntos que se encontraban fuera de tolerancia en la prueba realizada al 100% de velocidad.



Gráfica 5 - Comparación de indicadores (50% vs 100%, 30c) 160 puntos

En la gráfica anterior se muestra el valor medio de cada uno de los indicadores para esos 20 puntos. Se ve una clara mejoría de ambos indicadores.

Si se ponen números a la gráfica se hablaría de una reducción de ambos indicadores entre el 75 y el 80%.

Si comparamos los puntos uno a uno, la mejora en alguno de ellos es todavía más significativa. Encontrando puntos como el AL1003Z que en el caso de 6 Sigma mejora en un 93% y el punto AL1001Y mejora en un 94% su rango. (Véase [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)).

De los puntos estudiados hay uno que tiene una gran importancia ya que el resto de elementos de la carrocería se montan referenciados a él. Dicho punto es el ESPL001 que tanto en el rango como en 6 Sigma se encuentra entre los 3 con mayores desviaciones en la medición (6Sigma = 3, Rango =1,66).

Debido a su importancia, llegado a este punto se reduce tanto su velocidad como su aceleración al 40% de forma permanente.

Se indica dicha modificación ya que en pruebas posteriores la desviación de dicho punto debería mejorar.

5.2.1.3. Valoración de una nueva prueba estática

A la vista de los resultados se reconsidera la posibilidad de repetir la prueba sobre una misma carrocería aumentando el número de mediciones.

Como ya se ha comentado anteriormente este tipo de pruebas tenía ciertos problemas:

- Pérdida de muestra medida debido al uso de la estación para la prueba.
- Necesidad de inhabilitar las estaciones anteriores para reintroducir la carrocería a medir.

Puesto que las pruebas anteriores sugieren una gran mejora reduciendo la velocidad se considera que merece la pena aumentar el número de ciclos para que la prueba sea representativa de la muestra. Del mismo modo se considera realizar las pruebas sobre la misma carrocería para que los resultados no se vean influenciados por el algoritmo.

Ante la imposibilidad de conocer qué número de ciclos son representativos de la muestra se programa una prueba para tratar de determinar dicho valor, se plantea una prueba con 300 ciclos que tardaría 5 horas en realizarse.

¿Por qué no se realizan las pruebas en fines de semana consecutivos?

(está pregunta se plantea teniendo en cuenta que además de estas dos pruebas se realiza una tercera, una prueba de medición dinámica donde se estudia el efecto del posicionamiento del patín en Z la cual se comentará más adelante en la sección correspondiente).

También se plantea la posibilidad de realizar las pruebas en fines de semana consecutivos pudiendo dejar la estación midiendo durante un número de ciclos más elevado sin repercutir en las carrocerías medidas. Esta opción se descarta puesto que las carrocerías no pueden estar paradas durante un periodo tan largo, ya que hay unos tiempos de producción que cumplir.

La opción de realizar todas las pruebas en un fin de semana no es viable debido a la duración de las pruebas, ya que es necesario personal para anular las estaciones previas a Perceptron.

Por último se planteó la posibilidad de realizar una de las pruebas un fin de semana, la más larga de ellas, prueba estática al 50%, y las otras dos el fin de semana siguiente. De este modo se podría conseguir parando la carrocería durante solo 7 días y se dispondría del personal necesario para parar las estaciones.

Se trató de hacer esto pero los resultados de las pruebas carecían de sentido debido a un error en la programación de las mismas que impedía la compensación. Este error y la importancia de la compensación de temperatura (sobre todo realizando las pruebas durante el fin de semana) se explican en el [ANEXO 2 – Capítulo 10](#).

Por lo tanto se decide que la mejor opción es la expuesta anteriormente, utilizar un fin de semana para establecer una muestra característica y realizar las pruebas durante la semana.

5.2.1.4. Establecimiento de nº de ciclos representativos

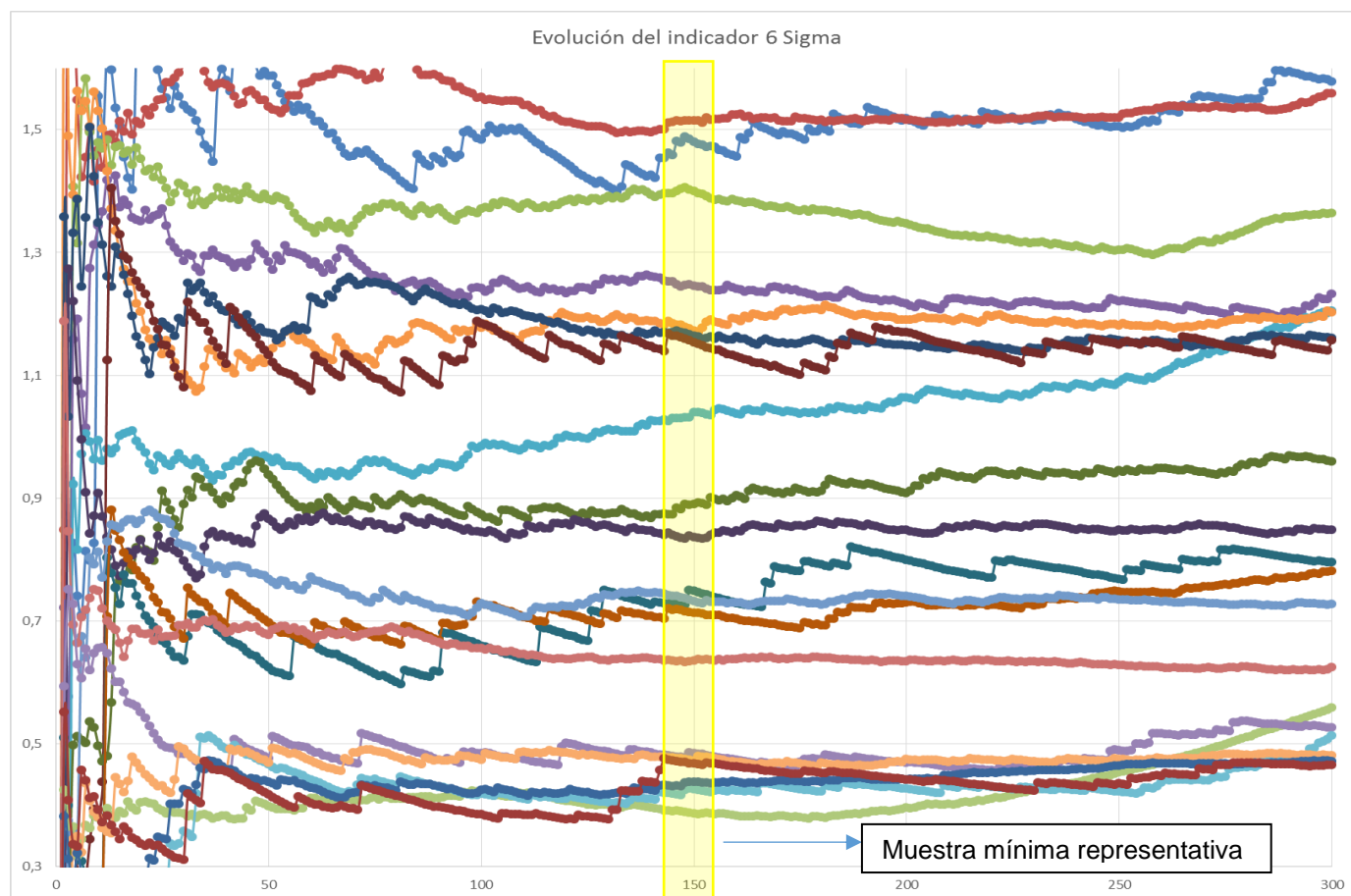
Para ello se realiza un ciclo de 300 mediciones.

- Realizada el 26/04/2014 entre las 08:26:49 y las 13:20:20 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 60 segundos.

El fin de la prueba es establecer una muestra representativa de la población y para ello se realiza lo siguiente:

- Se calcula la desviación estándar, 6 sigma, rango y media aumentando el número de muestras gradualmente.
- Para facilitar la comparación se establecen distintos grupos de muestras aumentando su valor de 10 en 10.
- Una vez agrupadas las muestras se comparan los valores de estas con el valor de la muestra 300 para los 20 peores puntos matemáticamente. Se busca que la diferencia de 6Sigma entre la muestra total y la muestra buscada sea inferior a la tolerancia exigida de 2 décimas.
- También se observa gráficamente sin establecer grupos la evolución de las desviaciones para ver si se considera suficiente la muestra establecida matemáticamente.

A partir de las mismas se obtiene que una muestra de 150 ciclos es representativa según las restricciones seleccionadas.



Gráfica 6 - Evolución del indicador 6Sigma con el núm. de muestras

En la Gráfica 6 puede observarse la evolución que sufre el indicador 6Sigma conforme aumenta el número de muestras, esto se ha realizado para conocer qué número de muestras puede considerarse representativo de la población total y tener una referencia para las pruebas que se van a realizar.

En base a las diferencias mostradas en el [ANEXO 1 – Capítulo 1](#) así como a la visualización del gráfico anterior se llega a la conclusión de que una muestra de 150 es, al menos, tan representativa de la población como la muestra de 300.

Por lo tanto se establece que se repitan las pruebas anteriormente realizadas aumentando la muestra a 150 ciclos.

Aunque los resultados obtenidos para 30 mediciones son significativos si observamos la gráfica 6 se observa la gran variabilidad que sufre el indicador para valores bajos de muestra, por eso se considera la repetición de la prueba.

5.2.1.5. Repetición pruebas estáticas – 150 med. sobre misma carrocería

Prueba 1 (100% de velocidad):

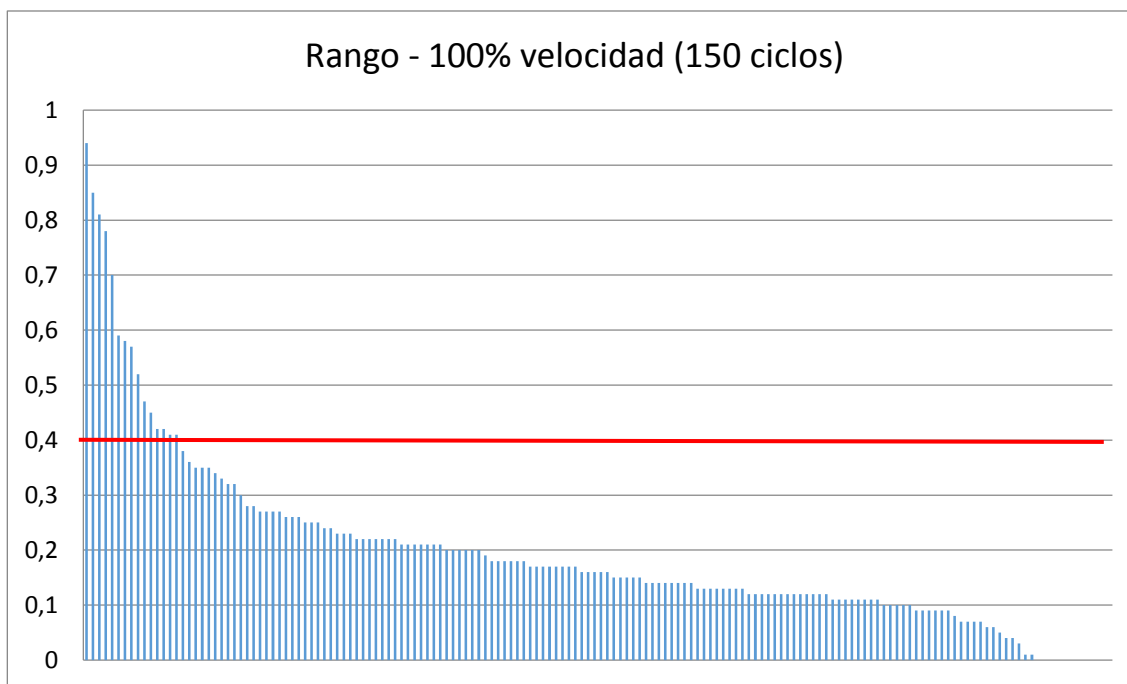
- Realizada el 16/05/2014 entre las 08:07:35 y las 10:39:03 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 60 segundos.

Como cabía esperar la desviación estándar no aumenta al aumentar la muestra ([véase ANEXO 1 – Capítulo 1](#)) y además se debe recordar la modificación efectuada sobre el punto ESPL001 que reduce su desviación a casi el 50% gracias a ella.

De cualquier modo no se considera el comparar estos datos con los obtenidos anteriormente ya que en ese caso entrarían otros factores en juego como la robustez del algoritmo ante diferentes carrocerías, de ahí que se haya repetido la prueba utilizando la misma carrocería en los dos casos (100% de velocidad y 50% de velocidad).

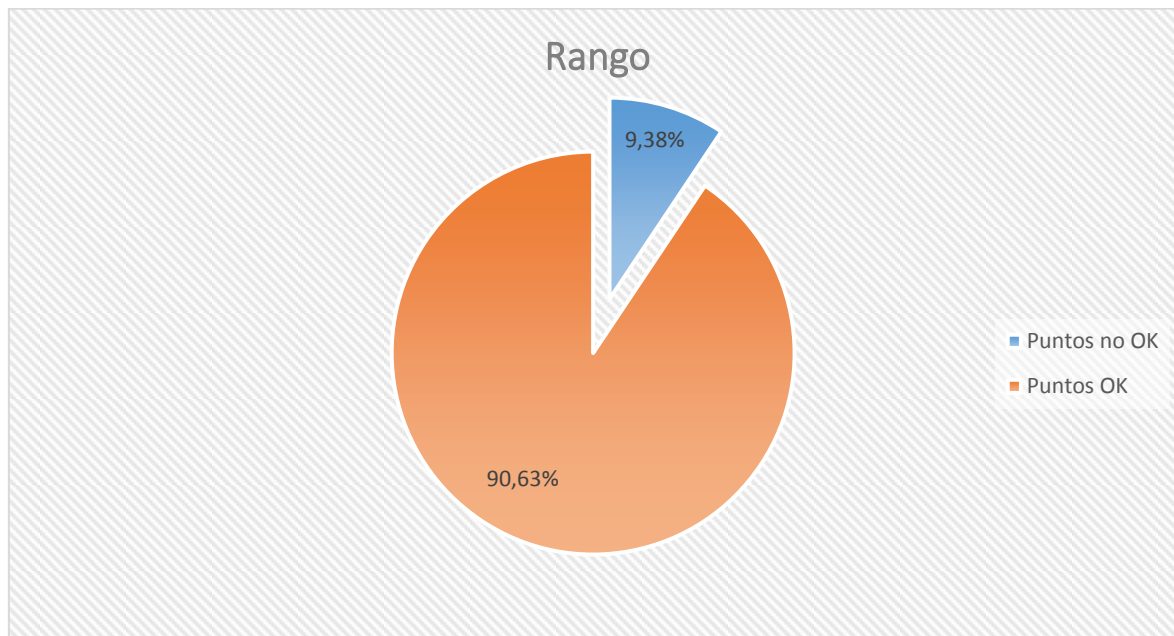
Teniendo en cuenta que 150 se considera una muestra representativa se va a utilizar el Rango en vez de 6Sigma.

Como hemos hecho antes se van a representar los rangos para visualizar cuantos superan la tolerancia exigida de 0,2 mm lo que significa un rango de 0,4 mm.



Gráfica 7 - Rango (e. 100%, 150c) 160 puntos

En la gráfica anterior se muestran los valores de los rangos que se encuentran por encima del límite establecido como ACEPTABLE.



Gráfica 8 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 100%,150c) 160 puntos

En el gráfico mostrado se indican los puntos que se encuentran fuera de tolerancia que son un 9,38%.

Para comprobar el efecto de la velocidad sobre las mediciones se repite esta prueba reduciendo la velocidad de los mismos al 50%.

En este caso se vuelve a realizar la prueba sobre la misma carrocería, de este modo se evitan otros posibles efectos.

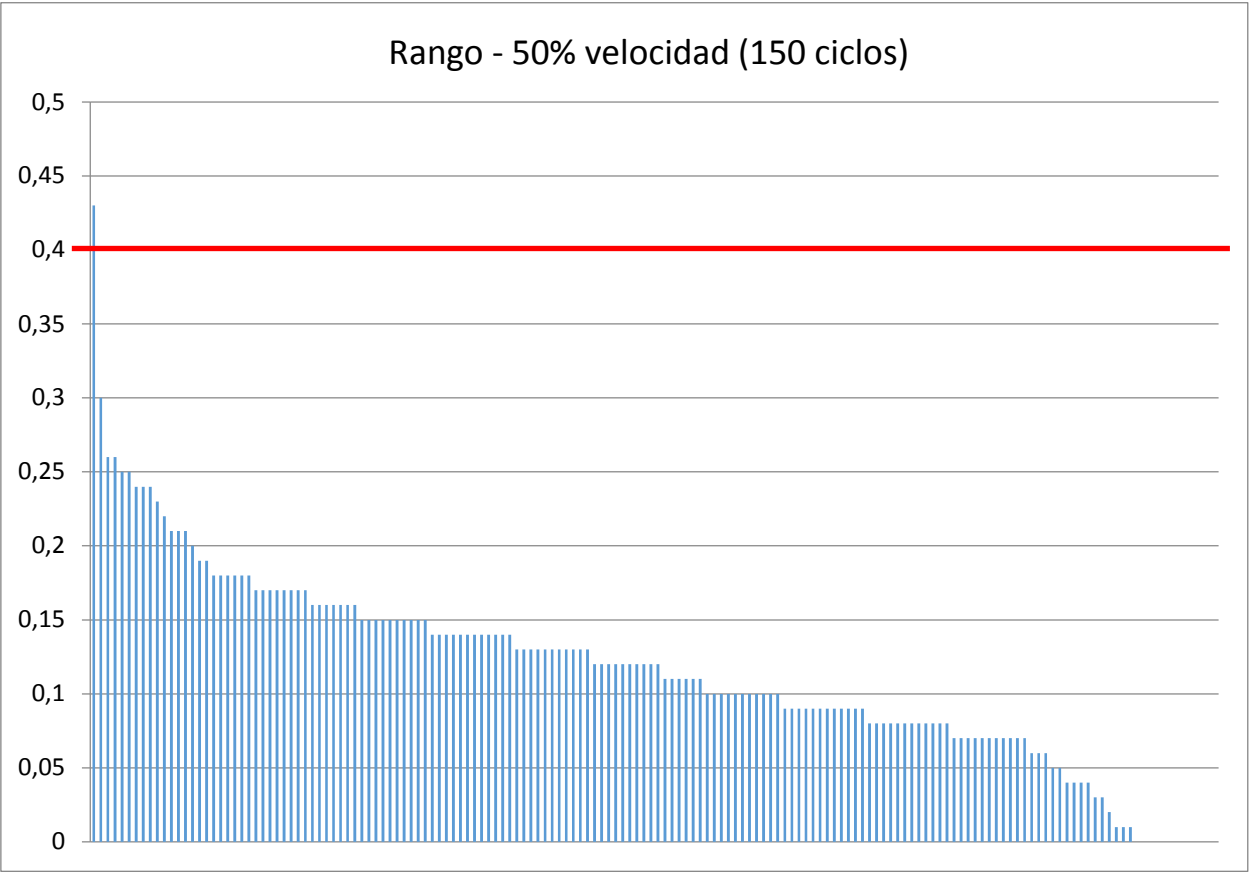
Prueba 2 (50% de velocidad):

- Realizada el 16/05/2014 entre las 12:52:53 y las 16:19:39 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 80 segundos.

Entre los 30 peores puntos se observan valores de 6 Sigma que oscilan entre una décima de desviación y 3 décimas (tablas en el [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)).

Del mismo modo entre los valores de los rangos obtenidos tenemos 30 puntos en los que el valor oscila entre casi dos décimas y 4 décimas.

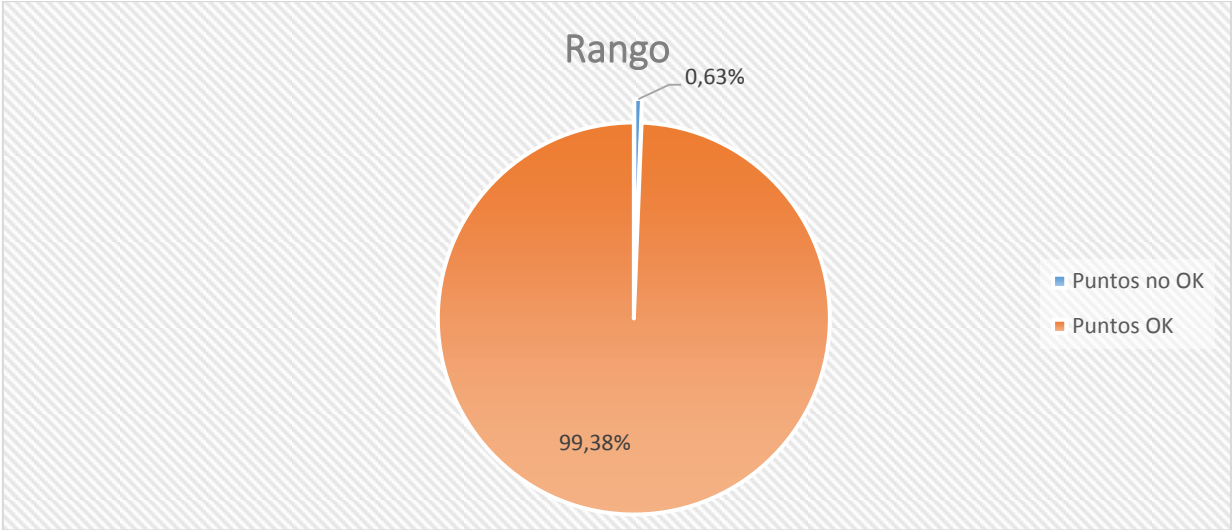
Los resultados obtenidos implican que la velocidad tiene una gran importancia en la calidad de las mediciones, como se había observado en las pruebas de 30 ciclos.



Gráfica 9 - Rango (e. 50%, 150c) 160 puntos

La gráfica al igual que antes representa los rangos de todos los puntos en los 150 ciclos de medición, a simple vista se ve la diferencia entre ambas situaciones.

Mientras antes el 10% de los puntos superaba la tolerancia exigida, tras reducir la velocidad se ha reducido la desviación dejando este valor en el 0,63% como se puede observar en la gráfica siguiente.

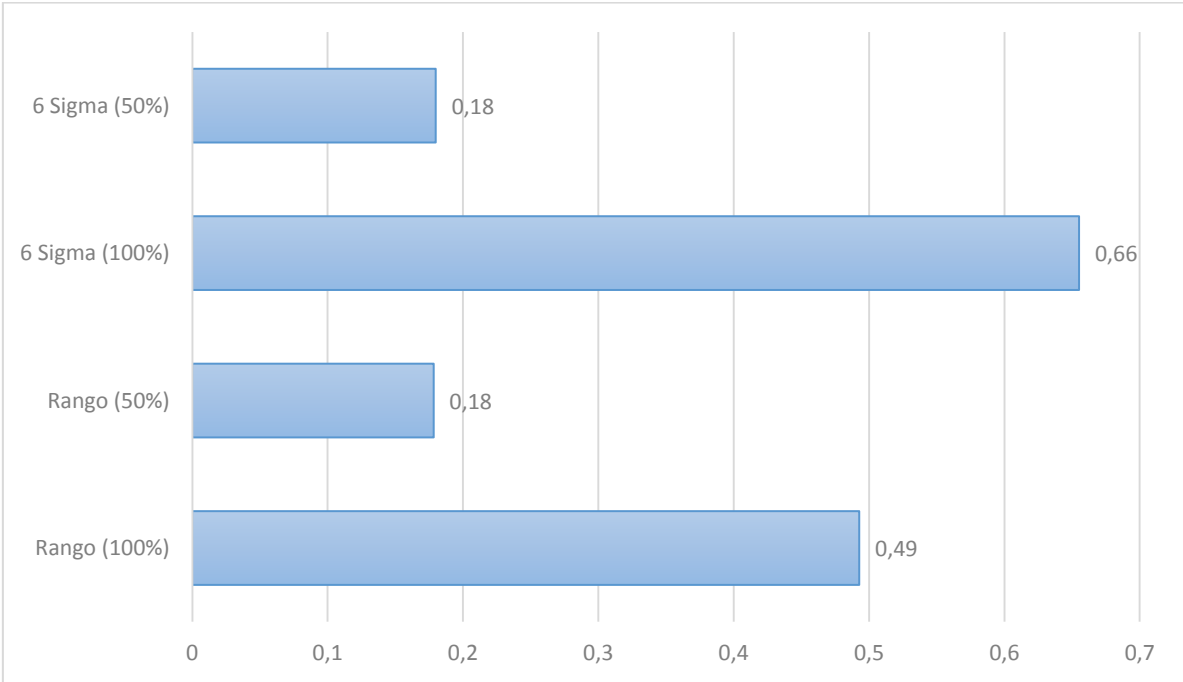


Gráfica 10 - Puntos no OK vs Puntos OK (e. 50%,150c) 160 puntos

Para comprender todavía mejor que mejora se ha conseguido se van a enfrentar ambas pruebas como se había hecho anteriormente.

Comparación de ambas pruebas:

Para tener una visión general de la mejora se seleccionan los puntos que se encontraban fuera de tolerancia en la prueba realizada al 100% de velocidad y se calcula la media de las desviaciones para ver la mejora.



Gráfica 11 - Rango y 6Sigma (100% vs 50%)

Si se ponen números a la gráfica se hablaría de una reducción de ambos indicadores entre el 60 y el 70%.

Si comparamos los puntos uno a uno, la mejora en alguno de ellos es todavía más significativa (La comparación se encuentra en el [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)).

El punto que sufre una mejora mayor es el ESPL0001 (se debe recordar que la velocidad de este punto ya ha sido modificada a un 40% de su valor inicial, esto implicada que cuanto más se reduce la velocidad se consigue una mejora mayor).

En este caso 6 Sigma se reduce en un 85% y por encima del 90% en el caso del rango, por lo tanto queda patente la gran influencia de la velocidad en la medición.

5.2.2. Estudio y comprobación del posicionamiento del patín.

5.2.2.1. Estudio de la influencia del movimiento vertical

Cuando se hablaba de los diferentes factores que podían afectar al error de las mediciones, estos se dividían en la implicación de los robots y su velocidad, el algoritmo y el posicionamiento del patín.

En primer lugar se va a estudiar el posible efecto del posicionamiento del patín, para ello se va a estudiar contemplando sólo su movimiento vertical.

Como se ha explicado durante la explicación de la estación una vez la carrocería se ha detenido a causa del sensor de posición que detecta su llegada, la mesa desciende depositándola sobre unos puntalinos. Por tanto el patín carece de importancia en el posicionamiento, teóricamente la carrocería siempre debería apoyar sobre la superficie de los puntalinos, por lo que la posición no debería variar.

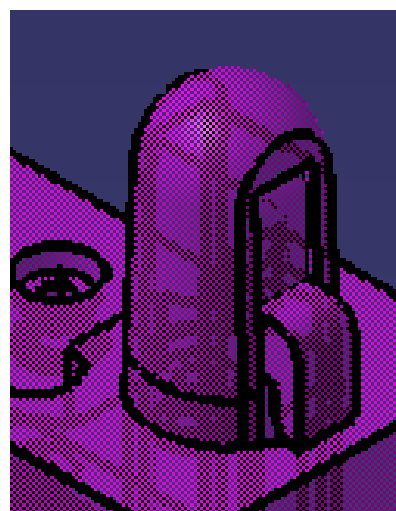
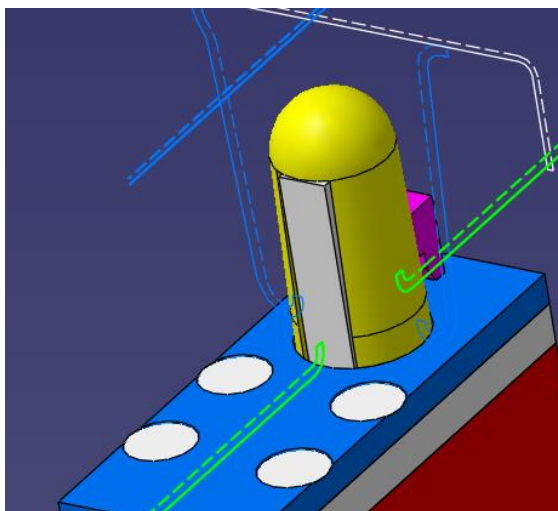


Ilustración 16 - Puntalino y apoyo en Z

Para asegurar este posicionamiento los puntalinos tienen un sistema que una vez la carrocería ha sido “depositada” saca una “uña” que agarra la carrocería ejerciendo presión en Z para tratar de llevarla siempre a la misma posición en caso de que esto no haya ocurrido.

En la ilustración 16 la “uña” esta dibujada en rosa en la imagen izquierda y se ve ampliada junto a ella, y la carrocería quedaría apoyada sobre la superficie azul.

Pese a considerar que el sistema no debería tener ningún tipo de variación en Z a causa del posicionamiento se va a realizar una prueba para afirmar o desmentir esta afirmación.

Para ello se realizará una prueba denominada dinámica. Dicha prueba difiere de la estática en que en este caso la carrocería no está parada continuamente, en este caso la mesa sube y baja en cada medición para comprobar el efecto de este movimiento.

En este caso se realizarán al igual que en las pruebas anteriores 150 mediciones y se compararán con las mediciones realizadas sobre la misma carrocería sometida a un test estático.

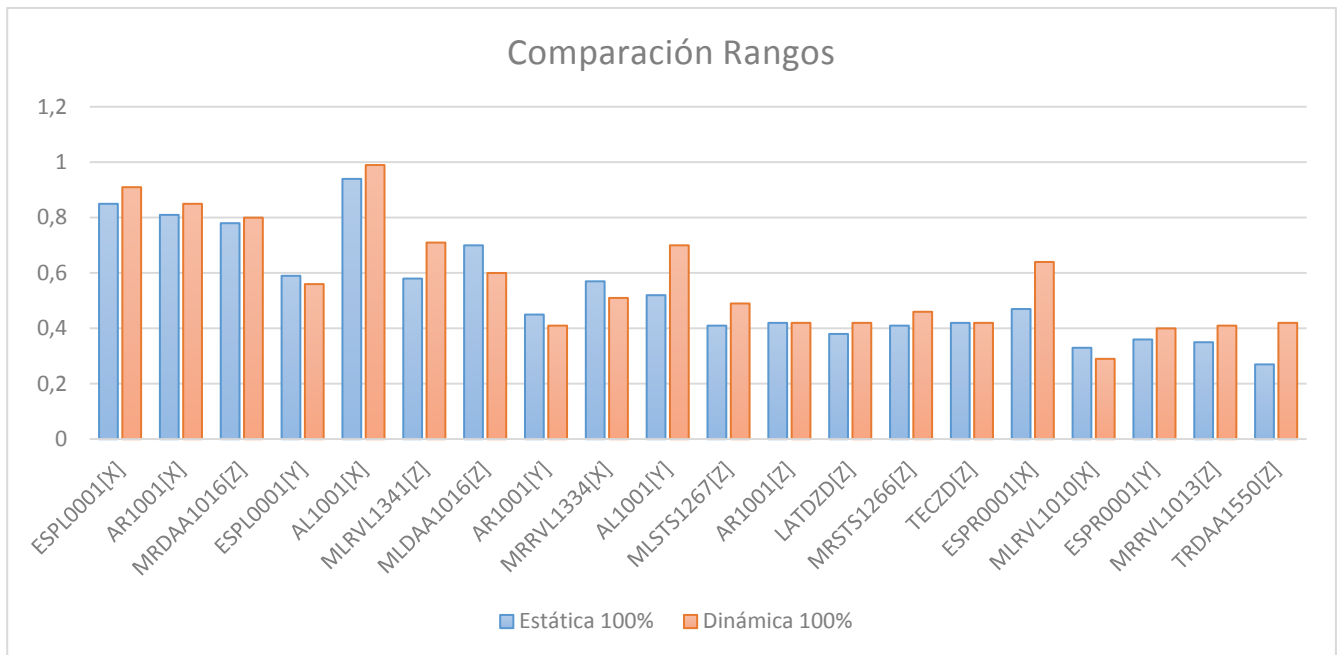
Prueba 1 (100% velocidad - dinámica):

- Realizada el 19/05/2014 entre las 13:28:39 y las 16:08:59 lo que implica un tiempo ciclo de aproximadamente 60 segundos.

Los resultados obtenidos en este caso se acercarán algo más a las desviaciones reales que sufrimos en un ciclo de medición, puesto que ahora estamos teniendo en cuenta tanto el efecto de los robots como el posicionamiento vertical de la mesa.

Si las suposiciones realizadas anteriormente son correctas, los valores obtenidos durante esta prueba no deberían diferir mucho de los valores obtenidos durante la prueba estática.

En caso de que las desviaciones en esta prueba fueran muy diferentes de las desviaciones obtenidas sin ningún movimiento en la mesa, indicaría que el movimiento vertical de la mesa afecta negativamente a las mediciones.



Gráfica 12 - Comparación puntos (Estática vs Dinámica)

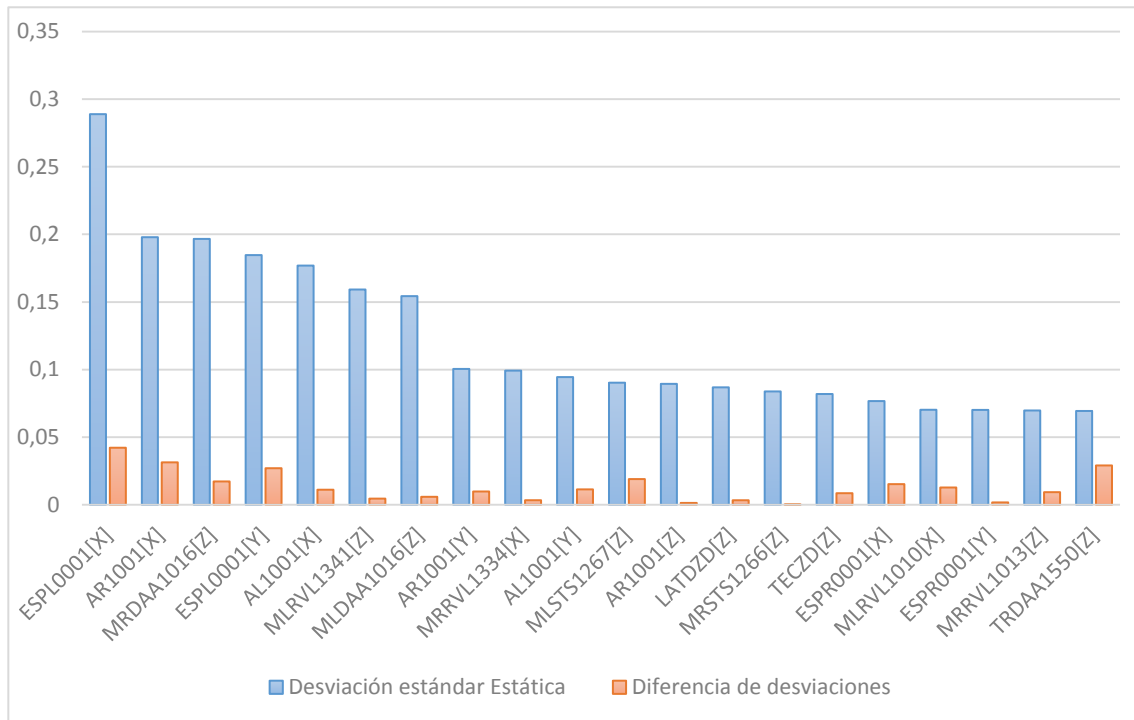
Se han recogido en la gráfica los valores del rango correspondientes a ambas pruebas para los 20 puntos que se encontraban en una situación peor. Aparentemente las diferencias no son excesivas aunque si hay algunos puntos en los que aparentemente podrían aparecer diferencias significativas.

Para determinar si son o no significativas vamos a utilizar el indicador de la desviación estándar. Se va a comparar la desviación estándar en ambas pruebas para de este modo ser capaces de afirmar si el efecto de la mesa en la dirección vertical afecta o no de forma significativa.

En el peor de los casos la diferencia entre ambas desviaciones no alcanza la media décima, en dicho caso la desviación estándar es de casi 3 décimas por lo que dicha diferencia no se considera un efecto del movimiento de la mesa.

De cualquier modo si comparamos todas las diferencias con las desviaciones estándar obtenidas en las pruebas, en ningún caso la diferencia es mayor que la media de las desviaciones, y en la mayoría de los casos el valor es muchísimo menor.

El 100% de las diferencias se encuentran por debajo del valor de la desviación estándar obtenida en las pruebas, el resultado contrario implicaría que la nueva prueba introduce un error mayor no explicable por las desviaciones obtenidas sin el efecto de la mesa. Para observar que la diferencia es mínima se añade a continuación un gráfico que compara las desviaciones explicadas.



Gráfica 13 - Desviación estándar vs Dif. desviaciones

Por lo tanto se puede afirmar que el efecto del movimiento vertical de la mesa es completamente despreciable, al menos en los términos de precisión que se están considerando.

5.2.2.2. Estudio de la influencia del movimiento transversal

Una vez se ha determinado la nula influencia del movimiento vertical de la mesa, se va a tratar de determinar el posible efecto del posicionamiento del patín en el plano perpendicular a Z, tanto en el eje X como en el eje Y.

Para ello se va a explicar el funcionamiento para luego analizar el mismo.

La carrocería avanza por la línea en un patín en el que continúa hasta que un sensor detecta su posición en Perceptron, los sensores son los indicados en la ilustración 9.

La carrocería avanza apoyada en los 4 RPS's centrales hasta que los sensores colocados en la estación detecta la llegada del patín que transporta la carrocería.

Una vez dicha llegada ha sido detectada la mesa que transporta el patín junto a este y la carrocería descienden. Se utilizan sensores PNP para detectar el patín, pero observando el modo de funcionamiento se ve que la posición de detención varía de unas carrocerías a otras, habiendo un leve rebote al detenerse los rodillos que la transportan.

Al descender la carrocería pasa de estar apoyada en el patín a apoyarse en los puntalinos de la estación que actúan como centradores (los puntalinos se introducen en los RPS's de la carrocería).

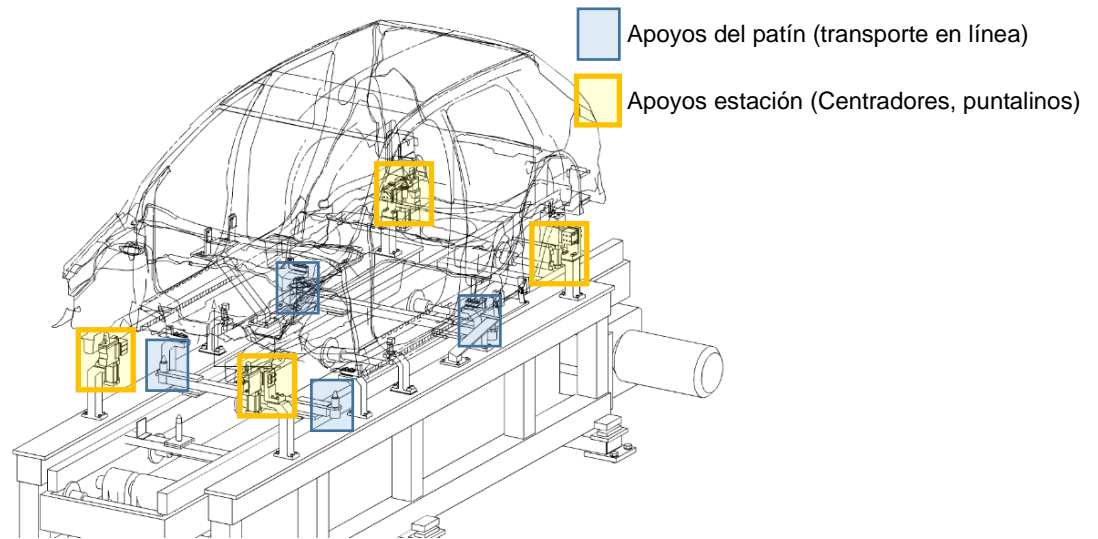


Ilustración 17 - Apoyos patín y apoyos estación

Como se aprecia en la imagen el patín ha descendido hasta quedar la carrocería apoyada sobre los centradores (recuadrados en amarillo) cuya función es llevar la carrocería siempre a la misma posición.

Para ello las dimensiones de los puntalinos deben ser menores a las de los RPS's lo que podría permitir cierto juego entre ambos como se indica en la imagen siguiente.

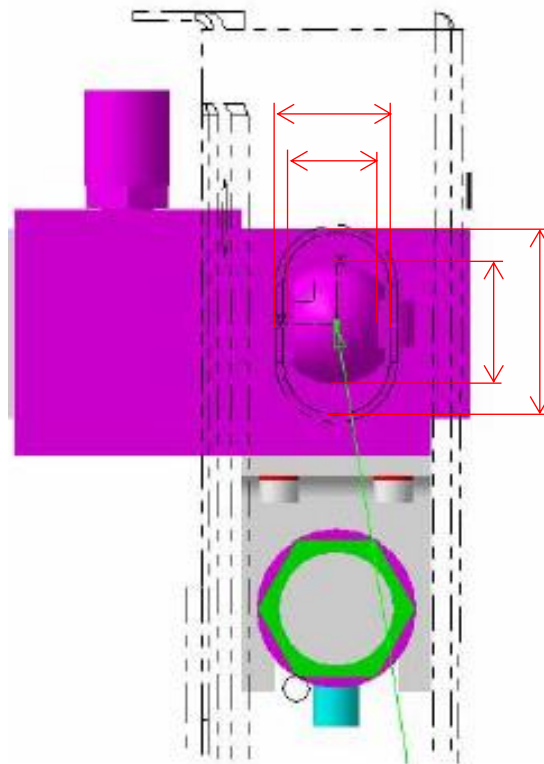


Ilustración 18 - Posibles holguras entre puntalino y RPS

Aunque en la imagen anterior se ve holgura la realidad podría no ser tal, solo se trata de un esquema del funcionamiento.

Para comprobar si la holgura es tal y comprobar su efecto es necesario conocer las mediciones de los puntalinos así como las de los RPS's principales.

En primer lugar es necesario conocer los nombres de los RPS's principales ya que no son piezas fabricadas por VW y no se pueden consultar sus mediciones internamente.

Consultando informes de mediciones técnicas es posible conocer su nombre pero no sus dimensiones.

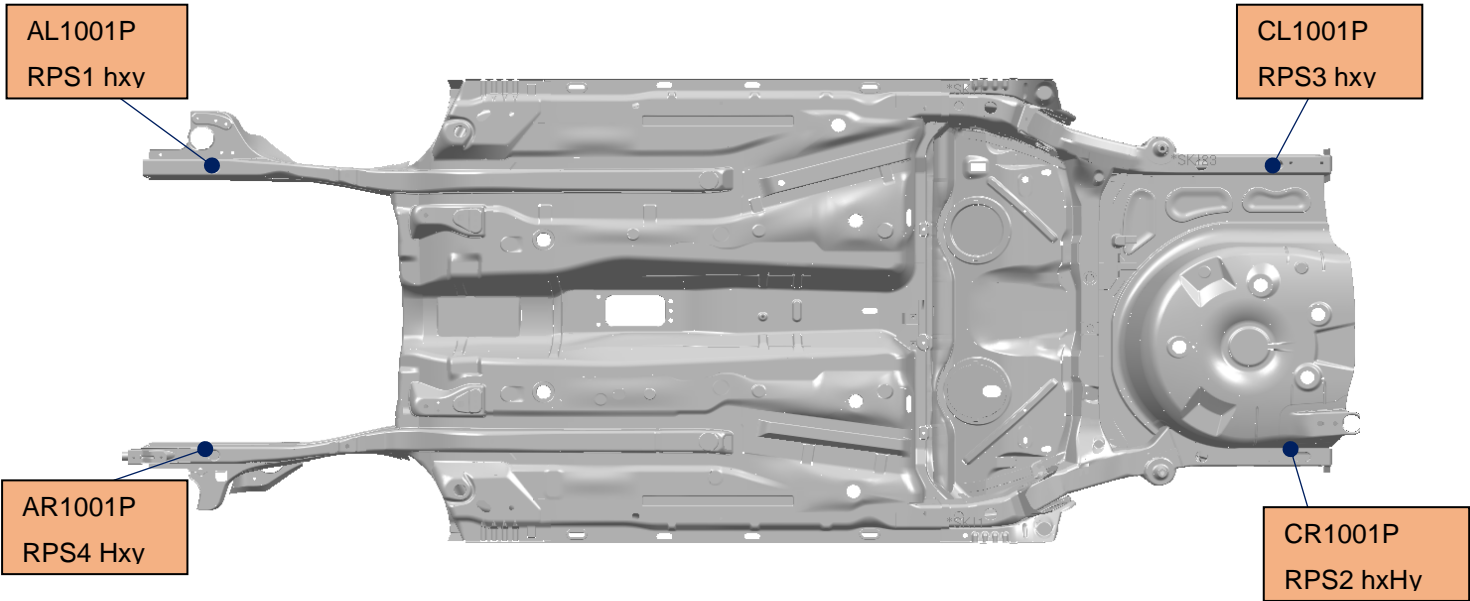


Ilustración 19 - RPS's principales

A través del departamento de calidad de material de compra se obtienen los planos de los largueros (donde se encuentran los RPS's). De cualquier modo también se miden los mismos con un calibre.

Se escogen 3 carrocerías al azar y se miden sus RPS's con un calibre (Error de 0,1 mm) y se obtienen las siguientes mediciones:

	Carrocería 1		Carrocería 2		Carrocería 3	
	X (mm)	Y(mm)	X(mm)	Y(mm)	X(mm)	Y(mm)
RPS1	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,2
RPS2	45	25,3	44,9	25,3	44,9	25,4
RPS3	44,9	25,3	45	25,3	44,9	25,3
RPS4	30	30	30	30,2	30	30,1

Tabla 4 - Mediciones RPS's (calibre)

También se obtienen los planos de los puntalinos con el fin de determinar la medición teórica de los centradores, como se ha hecho en el caso anterior se miden los puntalinos con un calibre.

	X(mm)	Y(mm)
PDI (RPS1)	26,3	29,9
PPD (RPS2)	31,8	24,9
PPI (RPS3)	31,9	24,9
PDD (RPS4)	26,3	29,9

Tabla 5 - Mediciones puntalinos (calibre)

Se puede ver comparando ambas mediciones que en X hay una holgura considerable, mientras en Y la diferencia es mucho menor. De todas maneras se prefiere realizar el análisis con datos oficiales del proveedor y del departamento de procesos para asegurar la veracidad del estudio.

CMC nos remite los planos de los largueros donde se pueden consultar las dimensiones teóricas de los mismos ([véase ANEXO 3 – Capítulo 4](#)).

- Dimensiones de los RPS's 2 y 3 (Posteriores izquierdo y derecho)

Del plano se pueden obtener sus valores nominales y posible desviación. En este caso

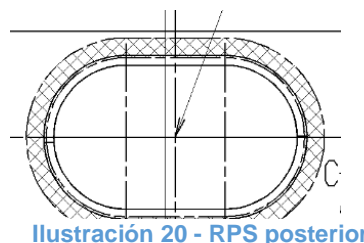


Ilustración 20 - RPS posterior

25+0,2 mm x 45+0,2 mm.

- Dimensiones de los RPS's 1 y 4 (Anteriores izquierdo y derecho)

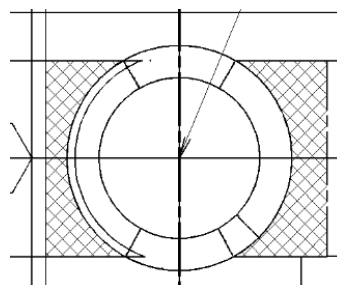


Ilustración 21 - RPS anterior

Del plano se pueden obtener sus valores nominales y posible desviación. En este caso **diámetro 30+0,2 mm.**

Si comparamos estos valores con los que habían sido medidos anteriormente se observa que se encuentran dentro de tolerancia teniendo en cuenta la desviación de los largueros así como el error introducido por el calibre.

Ahora es necesario conocer las dimensiones de los puntalinos para determinar las posibles holguras entre ambos.

Para ellos el departamento de procesos Chapa nos facilita un plano de la estación donde con ayuda de CATIA se pueden medir las dimensiones de los mismos, realizando las mediciones se comprueba que las dimensiones de los delanteros son iguales entre sí, así como las de los posteriores.

- RPS1 y RPS4 -> Puntalino Delantero Izquierdo y Puntalino Delantero Derecho:

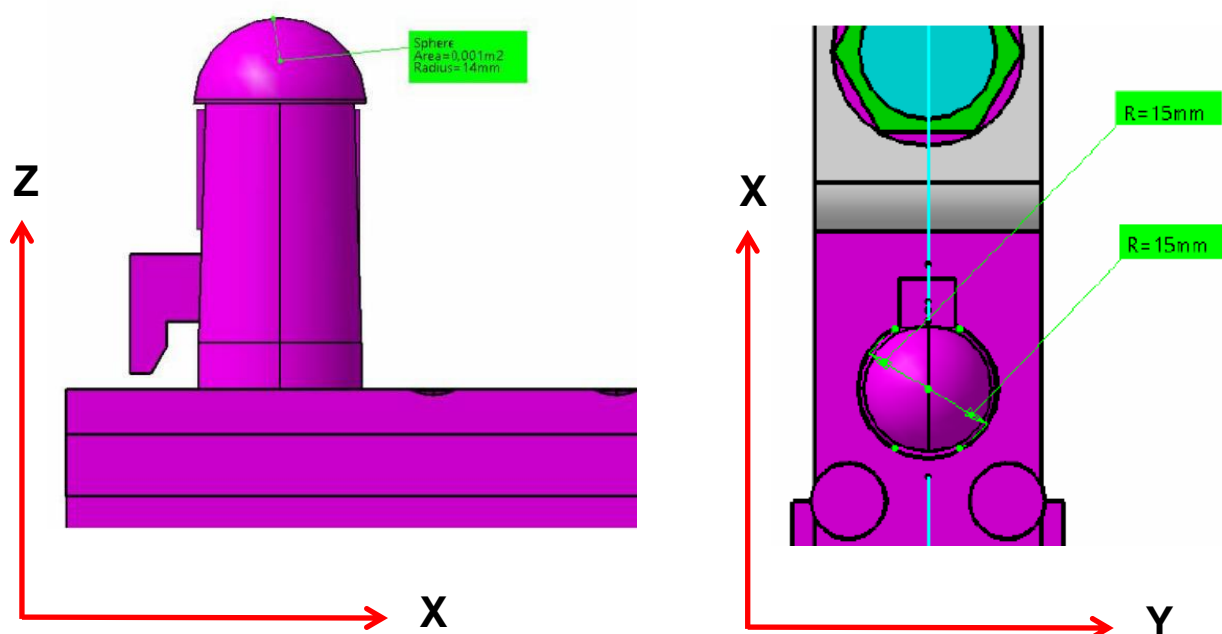


Ilustración 22 - Medidas puntalinos anteriores

- RPS2 y RPS3 -> Puntalino Posterior Izquierdo y Puntalino Posterior Derecho:

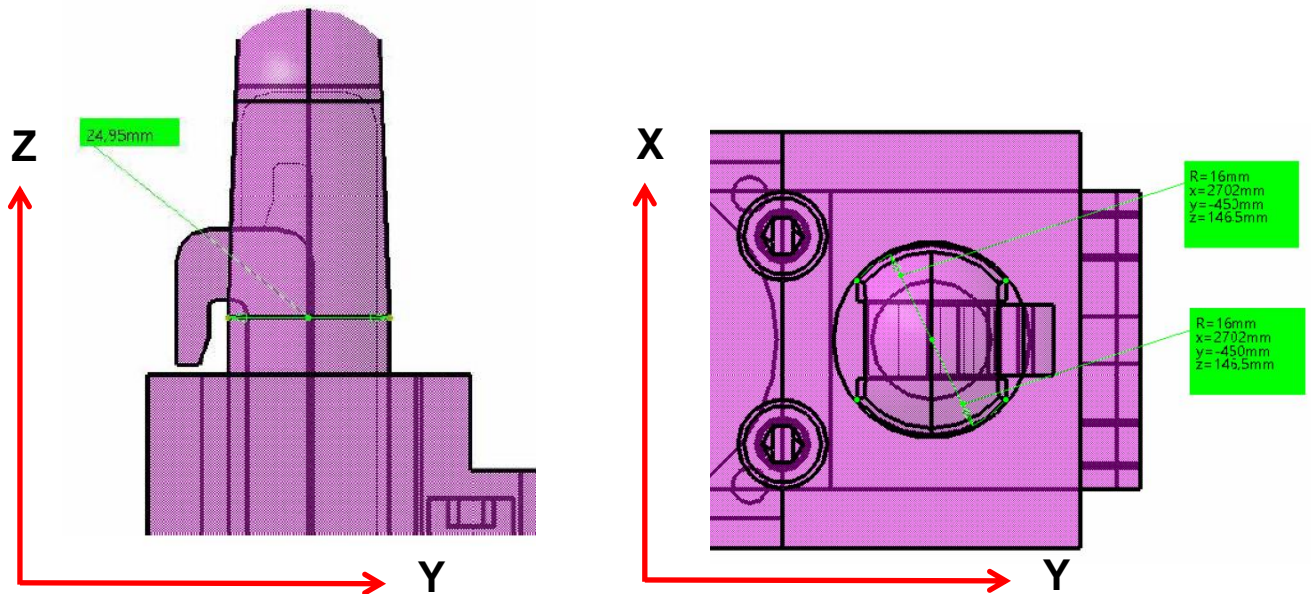


Ilustración 23 - Medidas puntalinos posteriores

Las mediciones obtenidas de Catia reportan los siguientes datos:

	X (mm)	Y (mm)
PDI (RPS1)	28	30
PPD (RPS2)	32	24,95
PPI (RPS3)	32	24,95
PDD (RPS4)	28	30

Tabla 6 - Medidas puntalinos (Catia)

De nuevo comparando con las mediciones realizadas con el calibre se observa que son muy similares, aunque se puede apreciar el detalle que las mediciones del calibre son ligeramente inferiores, posiblemente debido al desgaste de los puntalinos que se comentará más adelante.

Ahora se plantea la comparación entre las dimensiones de los puntalinos y los RPS's para conocer las posibles holguras que puedan dar lugar a desviaciones, la comparación se realizará con las mediciones sobre plano aunque se comentarán las diferencias respecto a las mediciones tomadas con el calibre.

	PUNTALINOS		RPS's	
	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
PDI (RPS1)	28	30	30 + 0,2	30 + 0,2
PPD (RPS2)	32	24,95	45 + 0,2	25 + 0,2
PPI (RPS3)	32	24,95	45 + 0,2	25 + 0,2
PDD (RPS4)	28	30	30 + 0,2	30 + 0,2

Tabla 7 - Comparación mediciones puntalinos y RPS's (teóricas)

Comparando ambas mediciones en la tabla anterior se puede apreciar que las mediciones en Y (recuadradas en verde) para ambos sistemas dan valores muy similares. Vamos a analizarlos.

Tanto en el caso de los puntalinos anteriores como en los posteriores la medición teórica extraída de CATIA para el eje Y son inexistentes en el caso de los delanteros y de media décima en el caso de los posteriores. Por lo tanto si no tenemos en cuenta la posible desviación en el proceso de fabricación de los largueros no habría ningún tipo de holgura entre ambos sistemas. De este modo se aseguraría la posición de la carrocería en Y.

De cualquier modo se debe tener en cuenta que la fabricación de las piezas no es perfecta, y como se aprecia en los planos tiene una tolerancia de +0,2 mm.

Partiendo de estos datos suponemos un error medio de 0,1 mm y un error máximo de 0,2 mm siempre introducidos por la tolerancia de los largueros.

Para que esto ocurriera todos los RPS's deberían tener la dimensión máxima, algo con una probabilidad muy baja.

De cualquier modo hasta el momento se consideraría un error medio en Y de 0,1mm (pudiendo alcanzar en el peor de los casos las dos décimas de error).

Aunque los posteriores tengan una diferencia 0,05 mayor la situación más favorable también sería la más restrictiva con la posición.

El caso anterior se ha analizado suponiendo que la posición de los RPS's es siempre la misma, pero esto no es así. Cuando se habla de posición se habla de la posición absoluta del RPS en el conjunto de la carrocería independientemente de su dimensión.

Para comprobarlo se analizan 120 casos con mediciones tomadas de mediciones técnicas para comprobar las desviaciones que sufren las posiciones de los RPS's.

RPS	Nombre	Coord.	Valor medio
4	AR1002P	Y	0,00
1	AL1001P	Y	-0,19
2	CR1001P	Y	0,00
3	CL1001P	Y	1,24

Tabla 8 - Desviación media RPS's en Y

El resumen de los 120 casos se encuentra en la Tabla 8 (Que la media sea 0 en los RPS's derechos es porque el lado derecho es el que da la dirección Y a la hora de colocar la carrocería en mediciones técnicas).

Como se puede observar en la tabla hay una diferencia de 2 décimas de milímetro entre los RPS's delanteros y de 1,24 mm entre los posteriores.

Esta desviación implica que los RPS's de los largueros delanteros se encuentren más cerca de lo que lo están los puntalinos, y más alejados en la parte posterior.

A causa de esto los puntalinos deben llevar el larguero a la posición correcta ejerciendo presión en las paredes del larguero, y en caso de existir la holgura comentada antes sería absorbida por esta desviación llevando la carrocería siempre a la misma posición.

Por tanto de media el error no sería tal, ya que el sistema actúa de forma que no haya posibilidad de variación en la posición de la carrocería. Como se ha demostrado, de media, los puntalinos siempre se encontrarían ejerciendo presión en la parte interna de los largueros evitando que la posición en Y varíe entre carrocerías.

Como conclusión se puede afirmar que los puntalinos siempre se encontrarían ejerciendo presión en la parte interna de los largueros evitando que la posición en Y variase entre carrocerías. Aunque en el caso anterior esta desviación media era de sólo dos décimas lo que podría implicar que en algunos casos hubiera cierta holgura, en los largueros posteriores no ocurre esto. Siendo la desviación de más de 1 mm los puntalinos siempre se encontrarán haciendo presión en la cara interna obligando a estos a ocupar siempre la misma posición independientemente de la holgura del RPS.

Y al ser los puntalinos traseros colisos en vez de cilindros, esta segunda situación evitaría cualquier desviación de la carrocería en la parte delantera por

encontrarse girada, así pues se puede afirmar que no existe ninguna posibilidad de variación de la posición de la carrocería en Y.

Se debe añadir que aunque se ha concluido que el efecto de las holguras es despreciable, aparece un nuevo efecto a causa de las tensiones que producen las desviaciones comentadas, se comentará su efecto tras analizar el eje X.

- Una vez determinada la nula influencia en Y del posicionamiento de la carrocería se debe realizar el mismo ejercicio con los valores en X.

Comparando las mediciones en la tabla 7 se puede apreciar que las mediciones en X (recuadradas en azul) para ambos sistemas dan valores dispares con una variación de 2 mm en el caso de los puntalinos delanteros y de 13 mm en el caso de los traseros.

Tiene cierta lógica que exista holgura en el eje X ya que como se comentó el sistema de detención de la mesa no es todo lo preciso que debiera, así pues no puede dejarse al azar si la carrocería entra en los puntalinos o no.

La explicación para evitar variaciones en la posición en X a causa del posicionamiento del patín debe buscarse en los puntalinos traseros que como ya se ha mencionado son colisos, lo cual es clave para desarrollar la función que tienen que desarrollar.

Si nos centramos en los puntalinos traseros y comparamos la forma de estos con la del RPS se puede comprender de forma sencilla el funcionamiento del sistema. Ya se había demostrado que el desplazamiento de la carrocería en Y era debido a que el tamaño de puntalino y RPS era exactamente el mismo evitando cualquier tipo de desviación. Este mismo fenómeno es el que evita cualquier tipo de desviación en X como se explica a continuación.

En la imagen se muestra un alzado de uno de los puntalinos posteriores junto a un esquema de cómo es el RPS.

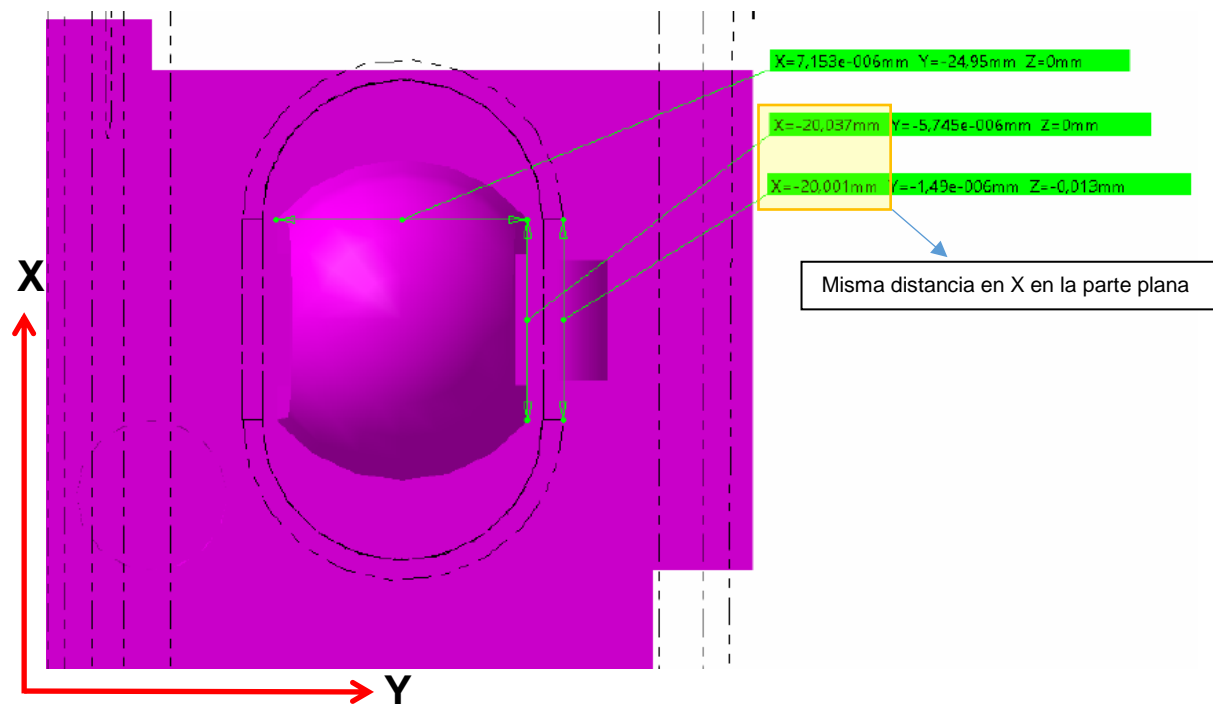


Ilustración 24 - Puntalino y RPS posterior (funcionamiento en X)

Como se puede observar en el alzado, si ambos sistemas tienen la misma dimensión en Y esto impediría también el desplazamiento del sistema en X obligando a la carrocería a ir siempre a la misma posición siendo esta dependiente del posicionamiento en Y. Ya que cierta holgura en Y causaría el mismo posible desplazamiento en X.

A partir de las dimensiones del plano se obtiene que los semicírculos tienen 25 mm de diámetro, que es la distancia entre las paredes planas del RPS. Esto implica que en el eje X 25 mm corresponden a la parte curva, lo que significa que si el RPS mide 45 mm en el eje X restan 20 mm correspondientes a la parte plana del mismo.

Dimensión que coincide exactamente con la dimensión extraída de Catia de la misma parte plana del puntalino, como se puede observar en el esquema acotado donde se explicaba el mecanismo.

En este caso no es necesario comentar ningún efecto en los puntalinos delanteros ya que sería suficiente con los posteriores para determinar la posición en X del sistema.

De nuevo las posibles holguras y desviaciones en la estación de medición son las relativas a las tolerancias de fabricación de los largueros, las cuales, de nuevo en el peor de los casos serían de dos décimas aunque se considerará un valor medio de 0,1 mm de error alcanzando las dos décimas en el peor de los casos.

Pero como ocurría en el caso del eje Y las posiciones de los RPS's varían constantemente, en la tabla 9 se recogen estas variaciones.

RPS	Nombre	Coord.	Valor medio
2	CR1001P	X	0,60
3	CL1001P	X	0,12
4	AR1002P	X	0,00
1	AL1001P	X	0,53

Tabla 9 - Desviación media RPS's en X

Como ocurría en el eje Y las posibles holguras se verían absorbidas por estas desviaciones.

En resumen, todos los puntalinos tienen las mismas dimensiones en Y que sus RPS's correspondientes lo que impediría cualquier tipo de desplazamiento en esta dirección. Cualquier posible desviación vendría dada por las variaciones en las dimensiones del RPS del larguero, las cuales pueden ascender a dos décimas.

En una situación sin desviaciones en las posiciones de los largueros y teniendo en cuenta el desgaste comentado de los puntalinos se podrían alcanzar las dos décimas de error en el peor de los casos, sin embargo la situación no es tal.

En la situación actual las desviaciones en las posiciones de los largueros impiden que estas holguras tengan ningún efecto sobre el sistema haciendo que los puntalinos ejerzan presión sobre las paredes del RPS evitando su desplazamiento pese a existir tal holgura.

Por otro lado la situación en el eje X es similar, al tener las mismas dimensiones en Y, puntalino y RPS, el diseño del mismo evita cualquier tipo de desplazamiento en X como se ha explicado previamente.

Por último, como ocurría en el eje Y las tolerancias de los largueros se ven absorbidas por las desviaciones de posición de los largueros, así pues se puede afirmar que no hay error a causa de holguras entre puntalinos y RPS's.

5.2.2.3. Efecto de las tensiones

Durante el análisis del efecto del posicionamiento transversal del patín se ha descubierto un efecto que no se había tenido en cuenta, las posibles desviaciones a

causa de las deformaciones causadas por las tensiones ocasionadas por la variación en la posición de los RPS's.

Estas tensiones supondrían una deformación de la carrocería difícil de predecir lo cual introduciría un error en las mediciones no controlable.

Para corregir este efecto existe la herramienta comentada anteriormente de correlación. Hasta el momento se había utilizado dicha herramienta para corregir las desviaciones respecto a las mediciones de mediciones técnicas pero sin seguir un proceso determinado, en parte debido al hecho de desconocer cuál era la causa de estas desviaciones.

Tras conocer que dichas desviaciones son debidas a las tensiones generadas por la posición de los RPS's ahora es posible establecer una manera de proceder a la hora de realizar correlaciones, así como otras acciones correctivas que se consideren oportunas para mejorar las mediciones. Estas se comentarán en la propuesta de mejora.

5.2.3. Estudio y comprobación del efecto de los algoritmos

Los algoritmos en Perceptron dependiendo de cómo estén programados pueden introducir un error. Hay puntos en los que para calcular la posición es necesaria tanto una foto real de la posición como una foto del corte realizado por el láser.

En estos casos es más probable que se dé cierto error por la dificultad del algoritmo.

Para calcular la posible desviación introducida por el algoritmo se van a realizar pruebas estáticas, en las que una vez la carrocería está en la estación el sensor irá al punto de medición y repetirá la medición sin mover el sensor.

De este modo se consigue detectar sólo el efecto del algoritmo al calcular la desviación de las mediciones sin moverse.

5.2.3.1. Prueba de medición estática al sensor – Prueba inicial

Para ello el propio software de Perceptron dispone de una opción para realizar una prueba estática al sensor.

En ella te permite elegir el número de ciclos a realizar y luego obtener las estadísticas de la medición, es decir, rango, desviación, media... etc. En este caso y pese a que el

fabricante dice que 10 ciclos son suficientes para comprobar la precisión del algoritmo, se lanza una prueba de 20 mediciones para asegurar que la muestra sea suficiente.

Para comprobar el efecto se lanza la prueba estática comentada, pero al analizar los resultados se obtienen unas estadísticas que carecen de sentido. Se va a explicar por qué y la solución adoptada.

El test reportaba desviaciones que alcanzaban las 4 décimas en el caso del rango y las 7 décimas en el caso del indicador 6Sigma.

Tras haber observado los valores que se obtenían en las pruebas estáticas tanto del rango como de la media podría pensarse que los valores obtenidos son válidos, sin embargo cuando se programa un algoritmo hay unos valores de ambos indicadores que cumplir.

Cada vez que se programa o reprograma un algoritmo es necesario realizar una prueba de medición que asegure la correcta programación del mismo. Para ello el software comprueba que la desviación 6 Sigma sea menor a 0,2 para considerar la programación como "Aceptable", aunque siempre que se programa se trata de dejar este valor por debajo de 0,005.

Sin embargo los valores que se han obtenido en la prueba alcanzan valores muy superiores, e inaceptables a la hora de programar un algoritmo. Pequeñas desviaciones pueden considerarse normales ya que dependiendo del punto a medir puede tener una complicación mayor la medición generando ciertas inestabilidades.

Pero valores como los observados en la tabla indican que no solo estamos calculando la desviación del algoritmo.

Se llega a la conclusión de que estas desviaciones se deben a que pese a que la prueba se realiza sin desplazamiento del sensor, la primera medición sufre la misma desviación causada por la velocidad.

Por tanto la primera medición sufriría la misma desviación que durante una medición normal, ya que llegaría a una velocidad considerable igual que en las otras pruebas realizadas. Además las mediciones consecutivas se dan a gran velocidad, dependiendo del algoritmo y la dificultad del mismo puede tardar décimas de segundo, lo que implicaría que las mediciones que se dan a continuación tampoco fueran de la precisión necesaria en la prueba que se está realizando. Llegaría un momento que las mediciones serían adecuadas pero la desviación se habría visto totalmente falseada por las mediciones iniciales.

Por todo lo anteriormente expuesto se descartan totalmente los resultados de esta prueba y se plantea la posibilidad de realizar otra que nos reporte los resultados necesarios.

5.2.3.2. Prueba de medición estática al sensor – Prueba final

Debido a los resultados obtenidos en la primera prueba es necesario el planteamiento de una nueva prueba. Teniendo en cuenta que el efecto que desviaba las mediciones era la velocidad de llegada al punto, se plantea la forma de evitar el mismo.

Para ello se concluye el realizar la prueba de forma manual, de este modo mandaremos al robot que se dirija al punto, y una vez allí asegurando que el sensor está completamente detenido iniciaremos la programación del mismo, procedimiento que permite realizar varias mediciones sin desplazar el sensor.

De este modo se consigue evitar cualquier tipo de movimiento a la llegada, ya que al realizar las mediciones manualmente podemos esperar a que el robot se encuentre detenido en su totalidad.

Conlleva el problema de tener que realizarlo a mano punto por punto a diferencia de la prueba anterior, sin embargo se ha concluido que este es el único método efectivo de asegurar la integridad de la prueba.

Cada punto al que nos dirigimos y en el que se lanza una prueba reporta una ventana en la que se muestra:

- El punto al que se le está realizando la prueba.
- El número de ciclos que se desean realizar.
- El resultado de la medición en cada uno de los mismos.
- Media, Rango, 6 Sigma, desviaciones y fecha de la prueba en cada una de las coordenadas.

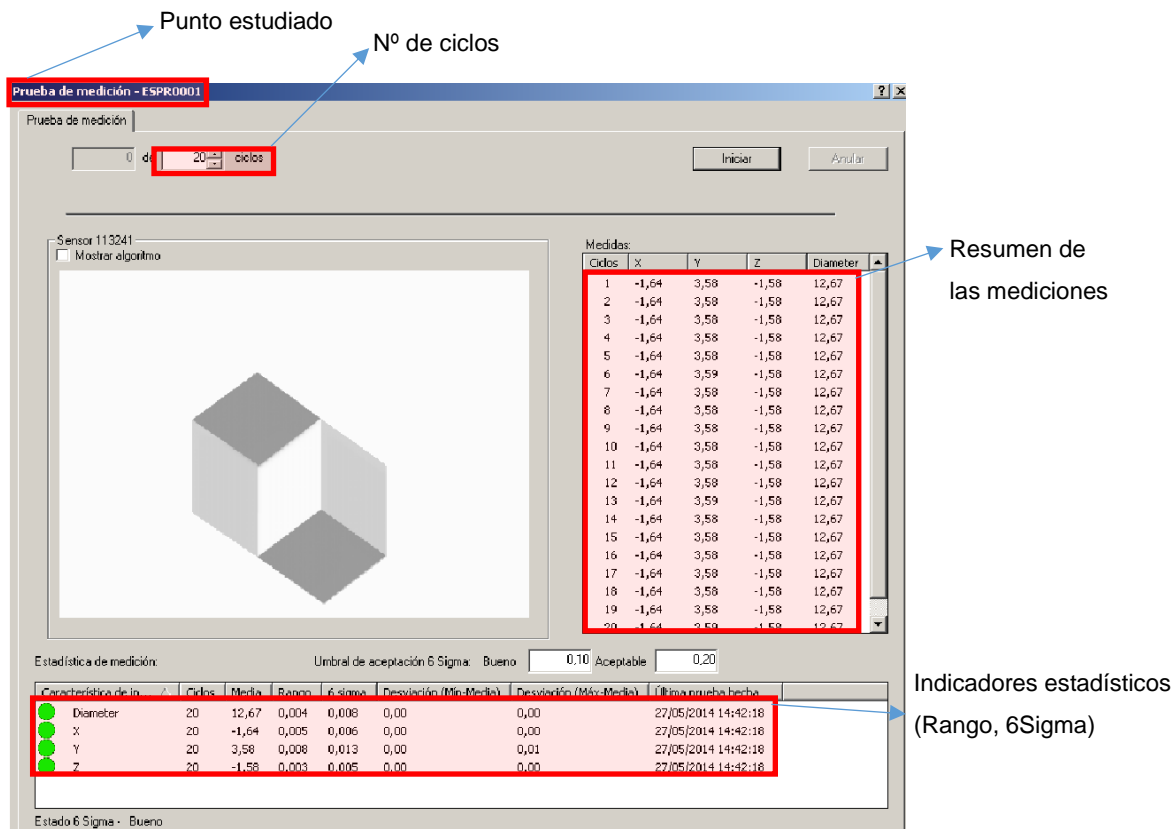
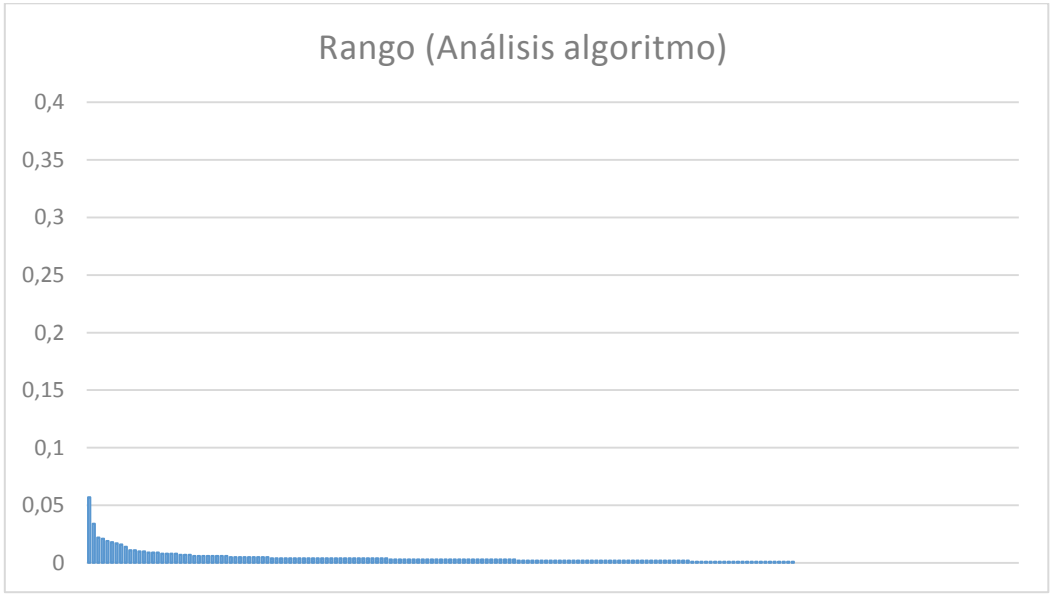


Ilustración 25 - Información prueba algoritmos

Tras realizar la prueba para todos los puntos y analizar los resultados se obtienen rangos que no alcanzan las 6 centésimas de mm. Resultados completamente distintos de los de la primera prueba como cabía esperar.



Gráfica 14 - Rango (Análisis efecto algoritmos)

En la Gráfica 12 se ha establecido como valor máximo del eje Y el límite que nos habíamos impuesto al comenzar las pruebas, se puede observar que los valores de las desviaciones de los puntos (barras azules) a causa del algoritmo no tienen ninguna repercusión en el error final.

Tras el análisis de las pruebas realizadas se afirma que el error introducido por el sensor o su algoritmo no contribuye de ningún modo, o en cualquier caso, de un modo completamente despreciable al error final obtenido en las mediciones.

6. Análisis del tiempo ciclo

Como se ha comentado además de tratar de solucionar el error en las mediciones se plantea la posibilidad de mejorar el tiempo ciclo de la estación que actualmente se encuentra en torno a 60 segundos. Del mismo modo se intentará encontrar una solución a las paradas por desviaciones fuera de tolerancia en las mediciones en algunas funciones críticas.

En primer lugar se va a realizar un análisis pormenorizado de las distintas partes que influyen en el tiempo ciclo de la estación, para ello se miden los tiempos diferenciándolos dependiendo de la causa.

En dicho ensayo se miden los tiempos de 30 carrocerías seguidas, al existir 10 rutinas distintas de compensación es necesaria la medición de carrocería en múltiplos de 10 así como medir continuamente las que pasen por la estación.

Las rutinas de compensación son utilizadas para compensar los posibles efectos de la temperatura en los robots, para realizar una compensación es necesaria la medición de 38 puntos, estos 38 puntos se dividen de forma que tras la medición de una carrocería se miden 4 de ellos completando una compensación cada 10 ciclos.

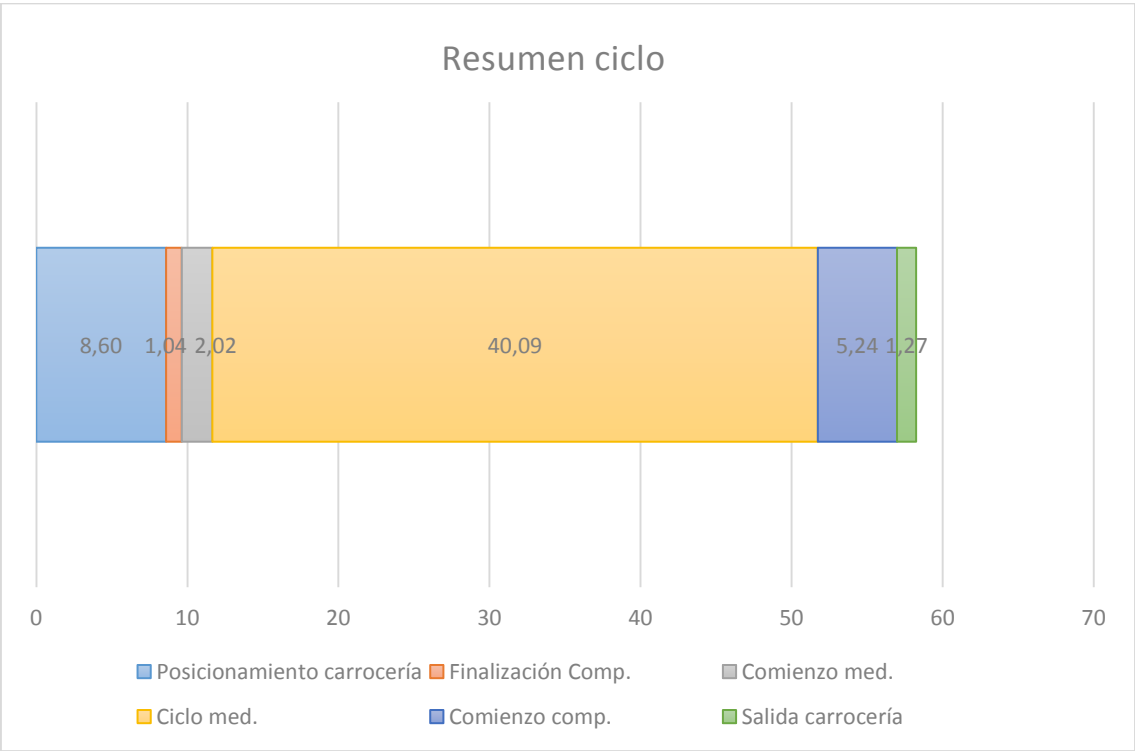
Para analizar los diferentes tiempos se dividen los ciclos en seis secciones:

- Posicionamiento de la carrocería: Tiempo que emplea desde que la carrocería entra en la estación hasta que queda posicionada completamente en la posición de medición.
- Finalización compensación: Tiempo empleado en finalizar la compensación correspondiente al ciclo anterior.
- Comienzo medición: Retraso entre la finalización de la compensación y el comienzo de la siguiente medición.
- Ciclo de medición: Tiempo empleado en realizar la medición de los puntos de la carrocería.
- Comienzo compensación: Tiempo empleado desde que ha finalizado la medición anterior hasta que comienza la compensación de temperatura.
- Salida carrocería: Tiempo restante empleado desde que ha comenzado la compensación hasta que la carrocería sale completamente.

En líneas generales los tiempos en los diferentes ciclos son similares pero se van a comentar las diferencias observadas.

La primera diferencia clara es la relativa a la finalización de la compensación que en algunos casos es inexistente, esto se da en el ciclo que completa la compensación ya que sólo quedan dos puntos por medir y lo realiza más rápidamente. Y también en casos en los que la producción no es continua y hay un tiempo de espera entre una carrocería y otra, lo que implica que la compensación ha terminado antes de que la siguiente carrocería este posicionada.

De igual modo se ven ciertas diferencias en los tiempos de medición de puntos en la carrocería, debidos a que el tiempo de procesamiento del algoritmo varía en función de la posición del punto de medición ya que implica una mayor carga computacional.



Gráfica 15 - Resumen tiempo ciclo

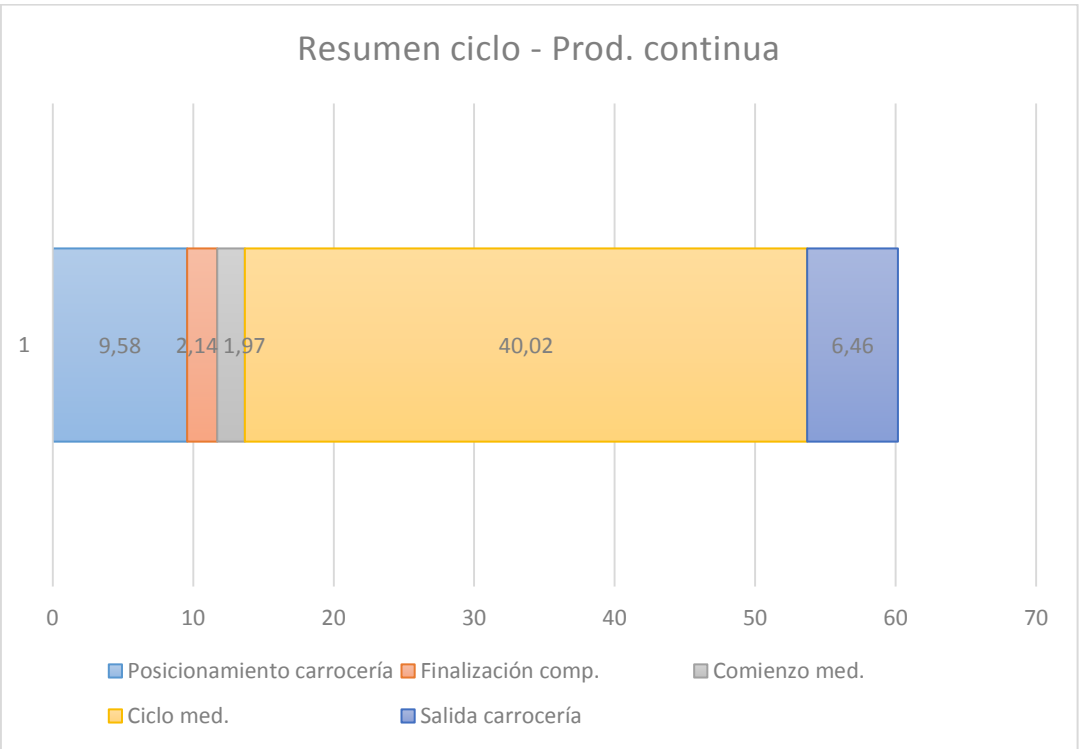
El resumen de tiempos se encuentra en la gráfica 13, con un tiempo medio de medición de 40,09 segundos. Con los datos anteriores el tiempo ciclo medio asciende a 58,25 segundos aunque habrá que tener en cuenta que el tiempo de compensación varía dependiendo de la continuidad de la producción (Todos los ciclos se pueden ver en el [ANEXO 1 – Capítulo 1](#)).

Una vez separado el tiempo ciclo en las diferentes partes se van a estudiar cada una de ellas para tratar de mejorar sus tiempos.

6.1. Estudio del tiempo de compensación

En primer lugar se va a estudiar el efecto del tiempo de compensación en la estación de Perceptron. Para situarnos en el peor de los casos se estudiará dicho tiempo durante un periodo de producción continua donde su efecto se ve incrementado.

En este caso se tomarán 40 muestras consecutivas de las que se analizarán sus tiempos. De este modo se analizará el efecto en el tiempo ciclo de la compensación de temperatura cuando la producción es continua.



Gráfica 16 - Resumen tiempo ciclo (Prod. continua)

Del resumen de los tiempos se puede extraer que el tiempo del ciclo de medición permanece invariable entorno a los 40 segundos ya que el valor se repite respecto a cuándo la producción no era completamente continua.

Y además vemos que el factor diferenciador entre ambas situaciones es el paso de 1,04 segundos de media en finalizar la compensación a los 2,14 que tarda cuando la producción es continua. Esta variación y las pequeñas diferencias que se puedan dar suponen un incremento en el tiempo ciclo, pasando de 58,25 segundos a 60,17.

De los datos anteriores determinamos que la finalización de la compensación puede llegar a suponer más de dos segundos en el tiempo ciclo de la estación.

6.2. Estudio del ciclo de medición

Como hemos observado en el análisis anterior el ciclo de medición tarda 40 segundos en llevarse a cabo, para tratar de encontrar posibles mejoras en el tiempo ciclo se va a analizar cómo se distribuye este tiempo, para más adelante poder plantear posibles mejoras, así mismo se establece la importancia de los puntos para tratar de optimizar la medición.

Los 40 segundos de tiempo ciclo significan que cada uno de los robots tardan 40 segundos en medir los puntos que tiene asignados, o en caso de que el sistema no esté bien balanceado que el más lento de ellos los tarda.

Es evidente que los robots A y D realizan el mismo ciclo de medición, uno en la parte izquierda y el otro en la derecha de la carrocería, al igual que ocurre con los robots B y C, siendo estos los que se ocupan de la parte posterior de la misma por tanto se realizará el análisis sólo para los robots A y B.

A continuación se añaden dos tablas con los tiempos de cada punto así como su importancia de medición.

Robot A		Robot B		<div></div> <div></div> <div></div>	<div>Punto imprescindible</div> <div>Punto importante</div> <div>Punto prescindible</div>
AL1003	2,96	MLDAA1130	1,68		
AL1001	1,65	LATZI	2,03		
MLRVL1010	3,04	TECZI	0,94		
ESPL001	1,62	LATXI	1,32		
MLKGJ1021	1,63	TECXI	1,15		
MLRVL1341	1,74	MLSTS1170	1,39		
MLRVL1334	1,01	MLSTS1901	1,47		
MLRVL1013	1,26	MLSTS1177	2,29		
MLSTS1098-99	2,82	MLSTS1387	1,08		
LATDZI	1,87	MLSTS1176	0,93		
TECDZI	0,87	MLSTD1060	1,06		
TLDA1550	3,07	MLSTS1390	2,66		
LLSTS1550	0,74	MLSTS1383	1,43		
MLDAA1016	1,54	MLSTS1417	1,20		
MLSTS1267	0,73	MLSTS1257	2,37		
TECDXI	2,67	MLSTS1191	1,59		
HLI03	2,48	MLSTS1188	1,25		
MLSTS1089-90	1,36	MLSLA1016	1,75		
EL2043P	3,98	MLSLA1035	1,39		
Pos. Casa	3,00	MLSTS1182	1,95		
		MLHOL1182	2,59		
		Pos. Casa	2,69		
T. Total	40,04	T. Total	36,21		

Tabla 10 - Tiempo por punto

Como se observa en la Tabla 9 no está todo lo bien balanceado que debiera ya que el Rb B tarda 5 segundos menos, se estudiará un modo de mejorar la situación.

Además de los tiempos se plantea analizar su recorrido para más adelante proponer, o no, un cambio en el mismo o un balanceo mejor de los puntos dependiendo de la posición de estos. En el caso del RbA la situación es la siguiente:

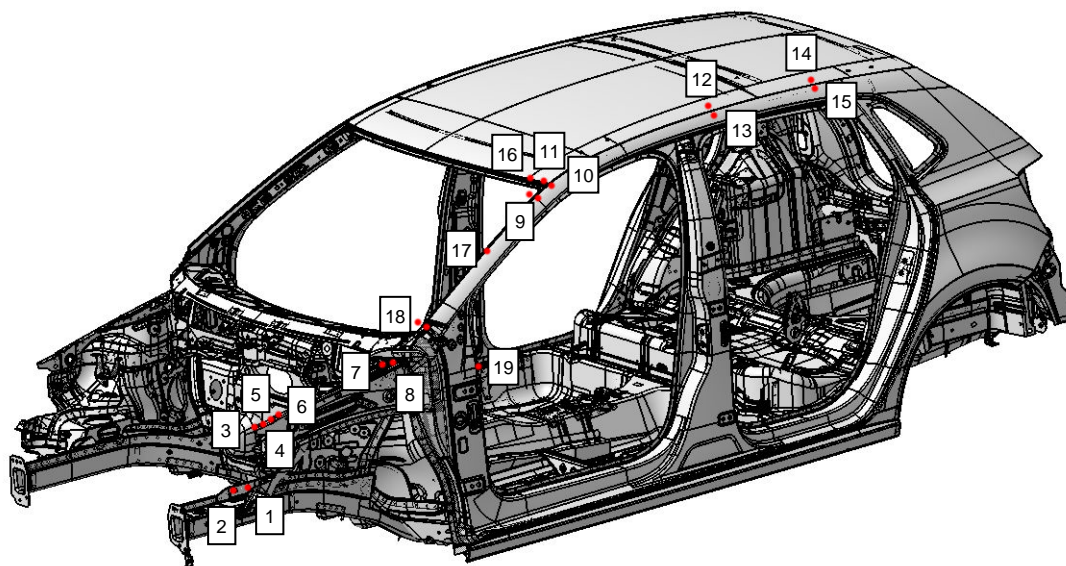


Ilustración 26 - Recorrido medición RbA

Como se puede observar en la ilustración 26 el recorrido no está lo optimizado que debiera pasando dos veces por el hueco luna para medir puntos distintos con la consiguiente pérdida de tiempo. En la propuesta de mejora se tratará de solucionar dicha situación.

Realizamos el mismo estudio para el RbB para poder determinar si el recorrido es el más optimizado o no.

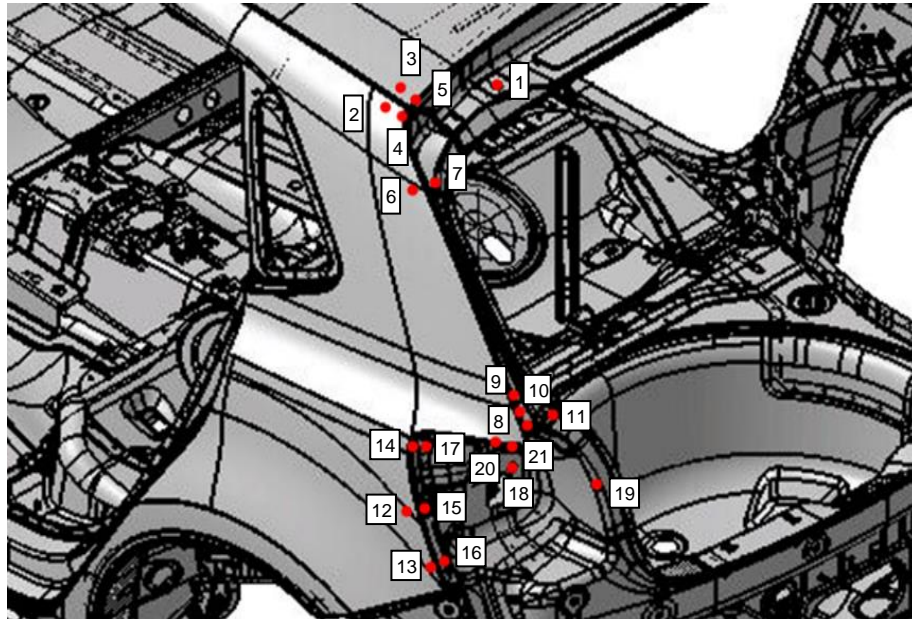


Ilustración 27 - Recorrido medición RbB

De nuevo se ve que el recorrido no está optimizado ya que hay zonas por las que el robot pasa dos veces para medir puntos contiguos (14-17, 12-15, 13-16).

Cuando se propongan alternativas de mejora al tiempo ciclo también se comentará esta situación.

6.3. Entrada y salida de la carrocería

Para el estudio del tiempo de entrada y salida de la carrocería se establecen distintos puntos de control.

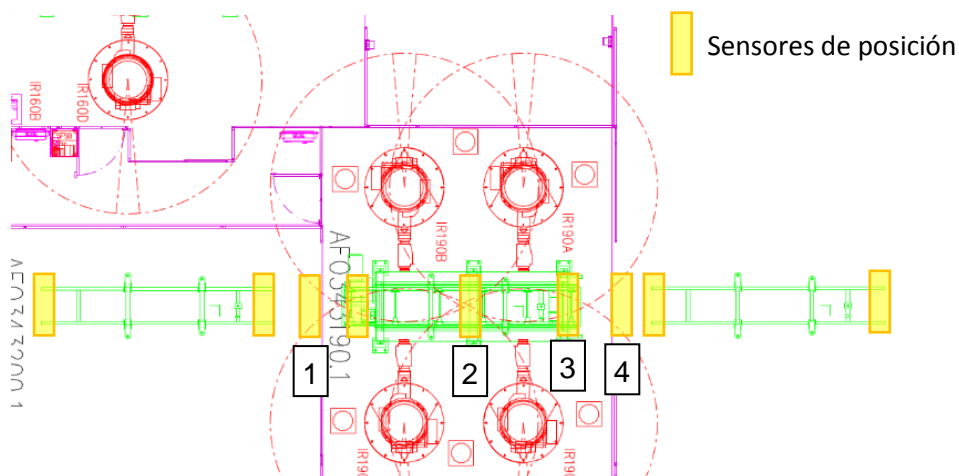


Ilustración 28 – Puntos control tiempo (sensores mov. transversal)

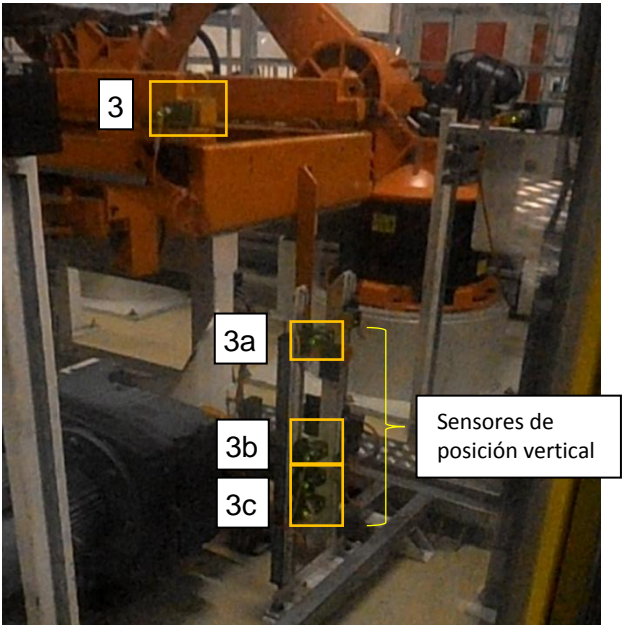


Ilustración 29 - Puntos control tiempo (sensores mov. vertical)

Se miden los tiempos que tarda entre estos puntos de control para luego poder determinar si es posible alguna mejora en ellos.

- Llegada:

T1 = Sensor 1 On – Sensor 1 Off

T2= Sensor 1 Off – Sensor 3 On

T3 = Sensor 3a Off – Sensor 3b On

T4 = Sensor 3b On – Sensor 3c On

Mov. transversal

Mov. vertical

T1	T2	T3	T4
4,16s	2,1s	1,72s	1,4s

Tabla 11 - Tiempos llegada

Tanto en el movimiento T2 como en el movimiento T4 la velocidad se ve reducida para poder asegurar la posición y evitar posibles daños.

- Salida:

T1 = Sensor 3c Off – Sensor 3b Off

T2 = Sensor 3b Off – Sensor 3a On

T3 = Sensor 3a On – Sensor 2 On

T4 = Sensor 1 Off – Sensor 4 On → Mov. transversal

Mov. vertical

Mov. transversal

T1	T2	T3	T4
2,26s	1,09s	1,04s	1,3s

Tabla 12 - Tiempos salida

De nuevo tanto el movimiento T1 como el T3 se realizan a una velocidad menor para evitar daños.

En vista de que todas las posiciones se controlan mediante sensores se considera que es posible mejorar la velocidad, aunque se planteará en la propuesta de mejora.

7. Resumen del análisis y propuesta de mejora

7.1. Error en la medición

Tras analizar los diferentes factores que afectan a la medición se han determinado aquellos que más afectan así como aquellos que no afectan en absoluto.

Como factor determinante en el error en la medición se encuentra **la velocidad** de los robots, a causa de esta casi el 10% de los puntos tenían un rango superior a las 4 décimas (se encontraban fuera de la tolerancia exigida) tras repetir la medición 150 veces en una prueba estática, alcanzando casi un milímetro en alguno de los puntos que más se veían afectados. Reduciendo la velocidad al 50% se conseguía que todos los puntos salvo 1 se encontraran dentro de la tolerancia exigida de 2 décimas de milímetro (0,4 mm de rango).

En cuanto al **posicionamiento del patín** se ha comprobado que su **posicionamiento vertical** no influye en ningún caso en la desviación de las mediciones, el apoyo de la carrocería sobre los puntalinos y el sistema de “uñas” de la estación evita dispersiones en el posicionamiento en z.

A la hora de estudiar el **posicionamiento transversal** la situación era algo diferente, se ha comprobado que podían darse holguras de hasta 2 décimas de milímetro en ambos ejes, pero que éstas no influyen en el error debido a la posición de los RPS's que se encuentran desviados respecto a la posición de los puntalinos lo que anula cualquier posible holgura.

Sin embargo este hecho además de evitar el efecto de las holguras también **causará unas tensiones** que deformarán nuestra carrocería de algún modo, lo que introducirá un error en la medición, error que actualmente se corrige por medio de la herramienta de correlación.

Tras realizar pruebas en las que comprobar el **efecto de los algoritmos** se llega a la conclusión de que no afectan de ningún modo en el error de medición.

7.2. Tiempo ciclo y paradas por Q-STOP

En cuanto al tiempo ciclo de la estación se encuentran posibles puntos en los que mejorar:

- Ciclo de medición:
 - El recorrido en los robots no es óptimo como se ha indicado en el análisis.
 - No todos los puntos deben ser medidos en todo momento, además algunos de ellos podrían ser prescindibles.
 - El balanceo de tiempos entre ambos robots también podría mejorarse.
- Ciclo de compensación:
 - Se pierden dos segundos aproximadamente debido a que el ciclo no ha terminado cuando la siguiente carrocería está lista.
- Velocidad de la mesa:
 - Debido a que todas las posiciones están controladas por sensores se considera que los tiempos podrían mejorarse acelerando en ciertos puntos.

En cuanto a las paradas por Q-STOP ya se ha indicado en la introducción el gran problema de tiempo que puede llegar a suponer, en la propuesta se planteará una solución para tratar de paliar el efecto de estas paradas.

7.3. Propuesta de mejora

7.3.1. Mejora en la calidad de la medición

Uno de los objetivos perseguidos por el presente proyecto es la reducción del error de medición en el sistema de comprobación de carrocerías basado en Perceptron. Tras un análisis inicial del sistema se han identificado las causas principales que influyen en el error de medición. De dicho estudio se deriva que estas son:

- Las vibraciones introducidas por las elasticidades de los sistemas de transmisión (reductores y elementos de transmisión) de los robots.
- Las características no lineales en las transmisiones: huelgos, rozamientos (estático y dinámico), y en menor medida los errores introducidos por los sistemas de control de posicionamiento.

- Las deformaciones en las carrocerías causadas por el sistema de fijación basada en los puntalinos.

En el primero de ellos influye fundamentalmente la velocidad de ejecución de las trayectorias espaciales del robot, mientras que en la segunda se debe a las características de precisión y repetibilidad del robot. Características que empeoran con el desgaste (horas de utilización) donde el mantenimiento preventivo juega un papel fundamental. En este aspecto los fabricantes garantizan las características técnicas siempre y cuando se sigan las recomendaciones de mantenimiento del fabricante.

Cabe notar que para aplicaciones inspección y control de calidad los robots de montaje no suelen ser los más apropiados, ya que se requieren robots de alta precisión y repetibilidad como pueden ser los de accionamiento directo o “direct-drive” en inglés. La sustitución de los robots actuales por **otros más específicos para realizar mediciones** permitiría alcanzar ambos objetivos: una mayor precisión a velocidades más altas, tomándose como referencia para ello el robot KUKA KR30 HA, con una repetibilidad de 0,05 mm y una velocidad nominal casi el doble que la de los actuales robots (véase el [ANEXO 3 – Capítulo 2](#)). Sin embargo, la inversión requerida para la sustitución de los 4 superaría los 60.000 euros, sin tener en cuenta los costes de instalación, programación, etc., lo cual hace totalmente descartable dicha solución.

En consecuencia este proyecto fija sus objetivos en la mejora de la precisión utilizando los robots actuales, proponiéndose para ello las siguientes actuaciones:

- Comprobar el efecto de la reducción de la velocidad de ejecución de las trayectorias espaciales sin aumentar el tiempo de ciclo total de la inspección.
- Posibilidad de introducir una parada para dar tiempo a que las vibraciones estructurales decaigan.

7.3.1.1. Disminución de vibración en los sensores

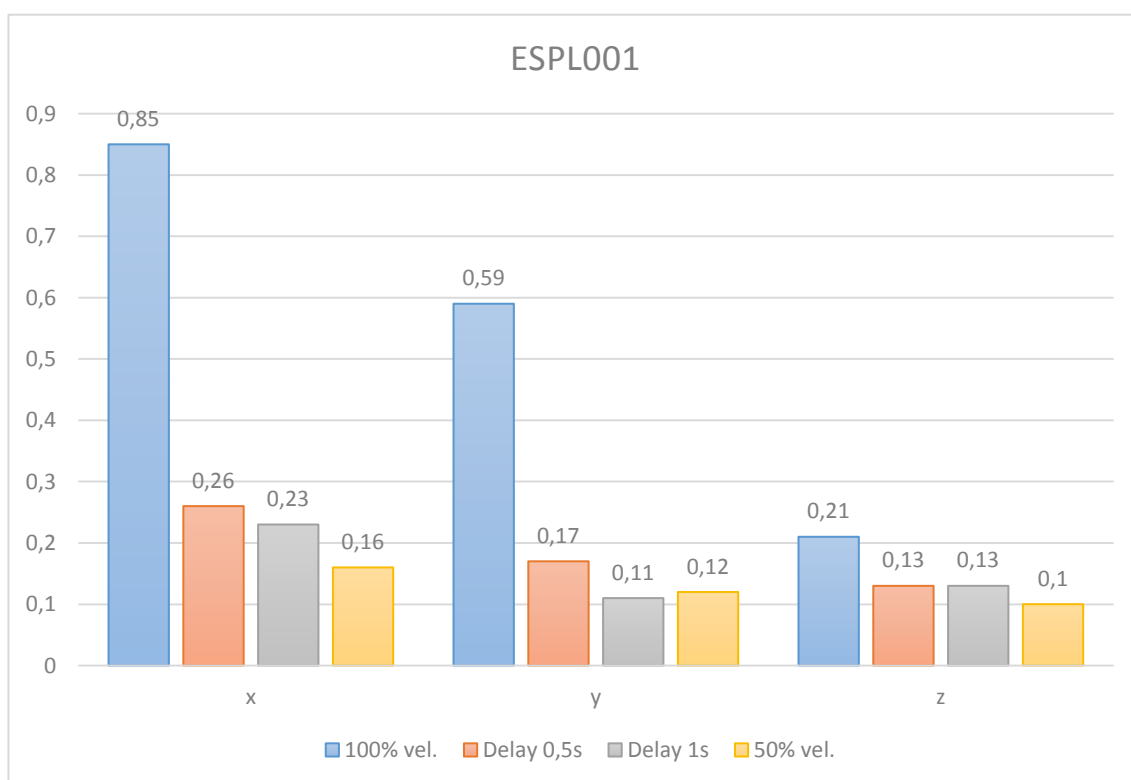
En los ensayos realizados se ha observado que una **reducción de la velocidad** global (con trayectoria única y sin cambio de velocidad) de la trayectoria en un 50% sería suficiente para alcanzar precisión exigida, sin embargo, alargaba al tiempo ciclo de 60 a 80 segundos, es decir, un aumento de 1 segundo por cada punto medido por robot. Ello obliga a plantear alternativas de mejora de la precisión sin menoscabo del tiempo ciclo, entre las cuales se proponen:

- La determinación de puntos fuera de tolerancia: La reducción debería aplicarse solamente a los puntos cuyas mediciones se encuentran actualmente fuera de tolerancia.
- La realización de ensayos comparativos para determinar si un punto de pausa supone una mejora respecto a la reducción de velocidad.

Con el fin de modificar lo menos posible el tiempo ciclo se plantea la posibilidad de establecer un delay previo a la medición que disminuya el efecto de la vibración. Para comprobar su efecto se realizan pruebas con el punto ESPL001 que daba unos valores de rango cercanos al milímetro.

Para la prueba se establecen dos pausas distintas, de 1 segundo y de 0,5 segundos. Con la de 1 segundo comprobaremos si para la misma “perdida” de tiempo se consiguen mejores o peores resultados que con la reducción de velocidad y luego se compararán con los resultados de la pausa de medio segundo para comprobar si sería suficiente.

Se comparan los resultados entre las 4 pruebas:



Gráfica 17 - 100% vs 50% vs Delay 1s vs Delay 0,5s

La gráfica 17 muestra los resultados obtenidos, en ella se aprecia que la diferencia en la mejora entre la reducción al 50% y el delay de 1 segundo es mínima (7 centésimas

en el peor de los casos, habiendo una mejora mayor con el delay en el eje Y). Además si este delay se reduce a 0,5s la mejora respecto al 100% de velocidad sigue siendo considerable y las diferencias respecto al delay de 1s o la reducción al 50% siguen siendo mínimas. Se ha tenido en cuenta también con exactitud el tiempo de ciclo ya que con el delay de 0,5s conocemos el efecto que supone sobre este independientemente del recorrido previo.

Los resultados obtenidos permiten concluir que para mejorar la calidad de las mediciones se introduzca un delay de 0,5s en aquellos puntos que se encuentren por encima de la tolerancia mínima exigida aunque esto repercuta en el tiempo ciclo. Esto último se consideraría como un “mal” necesario para mejorar el error en las mediciones.

7.3.1.2. Efecto de las tensiones generadas por los puntalinos

Como se ha comentado al analizar el efecto del posicionamiento del patín se ha descubierto un efecto que se desconocía, estas son, las deformaciones generadas sobre la carrocería debidas a la tensión causada por los puntalinos.

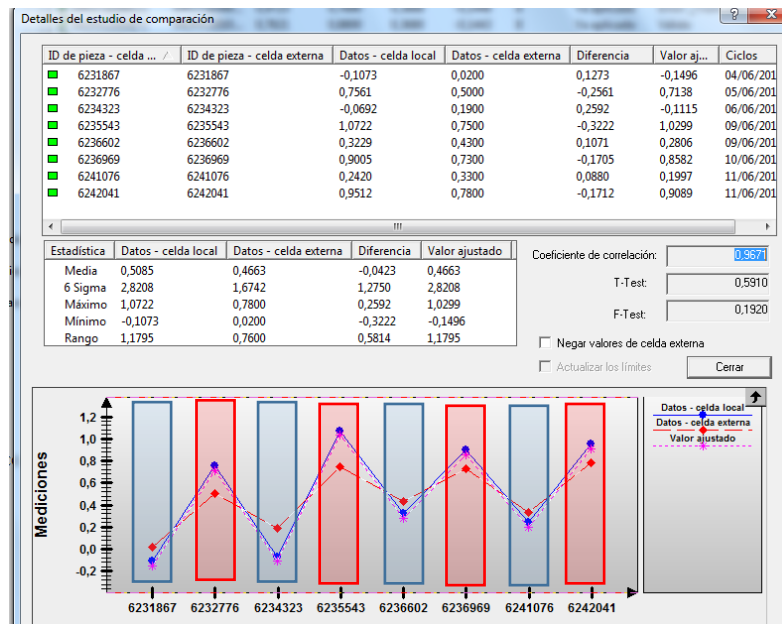
Aun desconociendo dicho efecto ya se hacía uso de una herramienta para corregirlo, aunque sin conocer a ciencia cierta a que se debían las desviaciones que se corregían, la herramienta mencionada es el software de correlación.

Este consiste en comparar las mediciones de mediciones técnicas con las de la estación de Perceptron para corregir las diferencias que haya a causa de estas deformaciones.

Hasta el momento se realizaban correlaciones a los 4 modelos (4P, 4P PAD+, 2P Y 2P PAD+) pero la periodicidad de estas no estaba determinada ya que se desconocía el origen de las desviaciones encontradas.

Tras conocer el origen de las desviaciones se plantea establecer correlaciones cuando la tendencia de los largueros varíe (se puede comprobar viendo los informes de mediciones técnicas).

Además se considera totalmente necesario dividir el actual modelo 4 puertas en dos modelos diferenciados, 4P Fábrica 1 y 4P Fábrica 2. Ya que actualmente existen como una pieza única y a la hora de corregir el efecto de las tensiones cada una de las fábricas sigue una tendencia distinta.



Gráfica 18 - Comparación tendencia F1 vs F2

Como se puede apreciar en la gráfica 18 las mediciones de mediciones técnicas tienen tendencias distintas en función de la fábrica de la que proviene la carrocería pese a ser el mismo modelo (4P). Hasta el momento lo máximo que se puede conseguir es dejar las mediciones entre ambas tendencias lo que causaría un error en la medición que aumentaría cuanto mayor fuera la diferencia entre ellas.

Creando dos modelos diferentes podría corregirse la tendencia de cada uno de ellos por separado corrigiendo completamente el efecto de las tensiones.

En resumen se propone crear dos modelos diferenciados por fábricas para conseguir una mayor precisión al corregir el efecto de las tensiones.

Las correlaciones se deberán realizar cuando la tendencia en la posición de los RPS's varíe (se puede comprobar en mediciones técnicas) y siempre tomando como válidos los últimos coches medidos (ya que esta sería la tendencia actual).

7.3.2. Mejora del tiempo ciclo

A la hora de concluir la posible mejora en el tiempo ciclo deberán tenerse en cuenta los delays introducidos para mejorar la calidad de las mediciones.

7.3.2.1. Ciclo de medición

Partiendo del análisis realizado se decide eliminar los puntos prescindibles y crear diferentes rutinas de medición en las cuales se midan siempre los puntos imprescindibles y se midan alternativamente los importantes (una de cada dos veces).

En principio el RbB tiene un tiempo de ciclo menor que el RbA, además de disponer de más puntos importantes que van a ser medidos alternativamente. Por lo tanto también se decide cambiar los 4 puntos de la parte central del techo del RbB al RbA.

A la hora de medir los puntos alternativamente nos encontramos con distintas opciones:

- Que los puntos importantes se midan aleatoriamente.
- Crear diferentes rutinas que sean lanzadas de manera aleatoria.
- Crear diferentes rutinas que sean lanzadas de forma consecutiva.

La opción de medir los puntos de manera aleatoria es interesante desde un punto de vista estadístico, sin embargo controlar el tiempo ciclo de esta manera sería imposible. Ya que podría pasar de un punto a otro excesivamente alejado con la pérdida de tiempo que ello conlleva, por tanto quedaría descartada.

Entre las dos alternativas restantes, ambas se consideran válidas para el funcionamiento normal de la estación. Sin embargo la segunda de ellas podría ser programada desde el software de Perceptron, esto implica además de la facilidad que conlleva su programación, que en caso de ser necesario que una rutina se repita más veces debido a una modificación que debe ser controlada esta pueda ser inmediatamente programada.

Por tanto se decide que la mejor opción para controlar el tiempo ciclo y satisfacer las necesidades de la fábrica es crear distintas rutinas que se sucedan consecutivamente, incluyendo estas siempre los puntos imprescindibles y midiendo alternativamente aquellos considerados importantes.

**Creando las dos rutinas indicadas los tiempos quedarían de la siguiente manera
(tiempos aproximados):**

RbA Rutina 1		RbA Rutina 2	
AL1003	2,96	MLRVL1010	3,044
AL1001	1,654	ESPL001	1,616
MLRVL1010	3,044	MLKGJ1021	1,626
MLKGJ1021	1,626	MLRVL1341	1,744
MLRVL1334	1,008	MLRVL1334	1,008
MLRVL1013	1,256	MLRVL1013	1,256
MLSTS1098-99	2,822	MLSTS1098-99	2,822
LATDZI	1,87	LATDZI	1,87
TECDZI	0,874	TECDZI	0,874
HLI03	2,478	HLI03	2,478
MLSTS1089-90	1,356	MLSTS1089-90	1,356
EL2043P	3,984	EL2043P	3,984
Pos. Casa	2,93	Pos. Casa	2,95
Subtotal	27,862s	Subtotal	26,628s
t delay	+2,5s	t delay	+3s
Total	30,362s	Total	29,628s

PUNTOS CON DELAY DE 0,5 s

RbB Rutina 1		RbB Rutina 2	
TLDA1550	2,500	TLDA1550	2,500
LLSTS1550	0,744	LLSTS1550	0,744
MLDAA1016	1,536	MLDAA1016	1,536
MLSTS1267	0,730	MLSTS1267	0,730
LATZI	1,700	MLDAA1130	1,683
TECZI	0,940	LATZI	2,033
LATXI	1,320	TECZI	0,940
TECXI	1,150	LATXI	1,320
MLSTS1901	1,400	TECXI	1,150
MLSTS1176	2,000	MLSTS1901	1,470
MLSTS1257	2,100	MLSTS1177	2,287
MLSTS1417	1,197	MLSTS1176	0,930
MLSTS1383	2,367	MLSTD1060	1,060
MLSTS1191	1,593	MLSTS1390	2,657
MLSTS1188	1,253	MLSTS1257	1,433
MLSLA1016	1,753	MLSTS1417	1,197
MLSLA1035	1,387	MLSTS1191	1,593
MLSTS1182	1,950	MLSTS1188	1,253
MLHOL1182	2,587	MLSLA1016	1,753
Pos. Casa	2,690	Pos. Casa	2,690
Subtotal	32,897s	Subtotal	30,960s
t delay	+1,5s	t delay	+1,5s
Total	34,397s	Total	32,460s

Tabla 13 - Tiempos nuevas rutinas

La estimaciones anteriores se han realizado con el recorrido del RbB sin optimizar debido a la imposibilidad de estimar de una manera precisa los tiempos de dichas correcciones. **Por tanto aunque el tiempo ciclo de medición se encontrase entorno a los 34s probablemente se podría mejorar más optimizando el recorrido como se ha indicado en el análisis.**

Dicho tiempo ciclo está calculado con los delays aplicados por lo que se trataría del tiempo ciclo que se tendría con todas las mediciones dentro de tolerancia (el balance de tiempos permitiría colocar delays en muchos puntos más sin afectar al tiempo ciclo de la estación, solo están colocados los imprescindibles para cumplir con las exigencias).

Se debe añadir que esta misma propuesta podría mejorarse cambiando los sensores actuales (FlexiCam) por unos más modernos (Helix), estos permiten barrer zonas en

vez de ir punto a punto lo que supondría reducir el tiempo ciclo a menos de la mitad del actual (ya que la mayoría de los puntos se encuentran unos junto a otros y serían medidos en un solo barrido). Esta mejora además implicaría poder aplicar delays en todos los puntos lo que mejoraría la calidad de medición en todos los puntos.

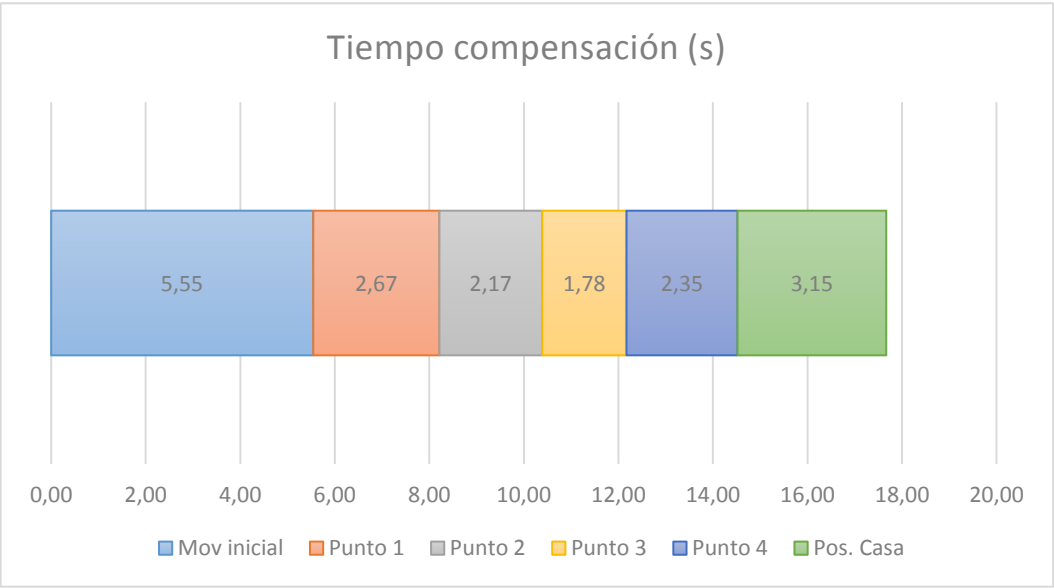
Se pide una oferta a Perceptron para conocer el precio de estos junto a todo lo necesario (Sensores, software, mano de obra...) que se puede consultar en el [Anexo 2 – Capítulo 9](#). El precio asciende a 258.926€ por lo que se ha descartado dicha opción.

7.3.2.2. Ciclo de compensación y velocidad del patín

Como se ha comentado durante el análisis actualmente se pierden en torno a 2 segundos a causa de la compensación, ya que no ha terminado de realizarla cuando la carrocería ya se encuentra en su interior. Se unen ambas cuestiones en una sola ya que son totalmente dependientes la una de la otra.

En la situación actual por mucho que se aumentara la velocidad del patín no ganaríamos nada de tiempo ya que la compensación debería terminar de realizarse igualmente.

Actualmente hay 10 rutinas de compensación que miden 4 puntos cada vez. Como se observa en la gráfica 19 la medición de estos puntos supone unos 9 segundos de los cuales actualmente 2 influyen directamente en el tiempo ciclo de la estación.



Gráfica 19 - Resumen tiempos de compensación

Se propone crear 20 rutinas de compensación haciendo así que la duración de cada una de ellas sea de **4 segundos menos**, lo que de entrada reduciría el tiempo ciclo de la estación en los dos segundos que se pierden actualmente y dejaría dos segundos de margen para mejorar la velocidad del patín.

Como se ha comentado en el análisis de la velocidad del patín todas las posiciones están controladas por sensores, y no solo las posiciones extremas sino que hay sensores colocados anteriormente para poder frenar adecuadamente (en el análisis se indicaba qué zonas eran de velocidad reducida), por tanto se plantea el aumento de la velocidad en las zonas de velocidad normal hasta mejorar el tiempo en 2 segundos, tiempo máximo permitido por las rutinas de compensación, gracias a los sensores de los que se dispone para la tarea no parece una tarea que requiera de un análisis mayor.

Con las modificaciones anteriores se conseguiría una mejora de aproximadamente 10 segundos así como medir todos los puntos con la calidad exigida.

7.3.3. Mejora en la gestión de los Q-STOP

Actualmente se dan ciertos problemas en la gestión de los Q-STOPs:

- No existe un protocolo ágil de actuación lo que implica riesgo de que las carrocerías pasen por el by-pass (pérdida de producción medida).
- Existen funciones cuya comprobación no puede realizarse visualmente por la situación de la estación.

Estos problemas se deben a la forma de actuar ante estos que ahora es la siguiente:

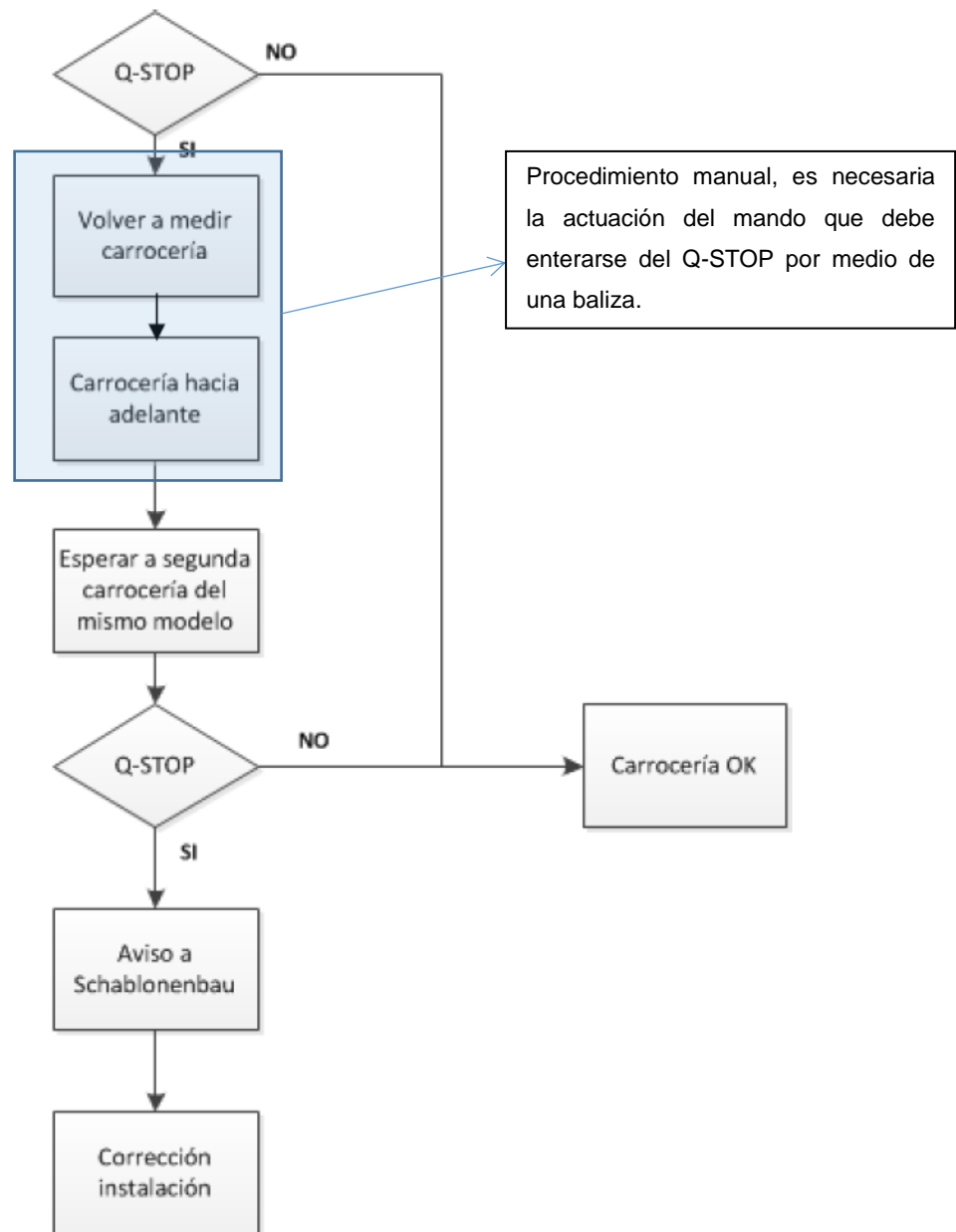


Ilustración 30 - Procedimiento ante Q-STOPs

Con el fin de mejorar ambas problemáticas se decide modificar el plan de acción y habilitar una zona que nos permita solucionar ambos problemas.

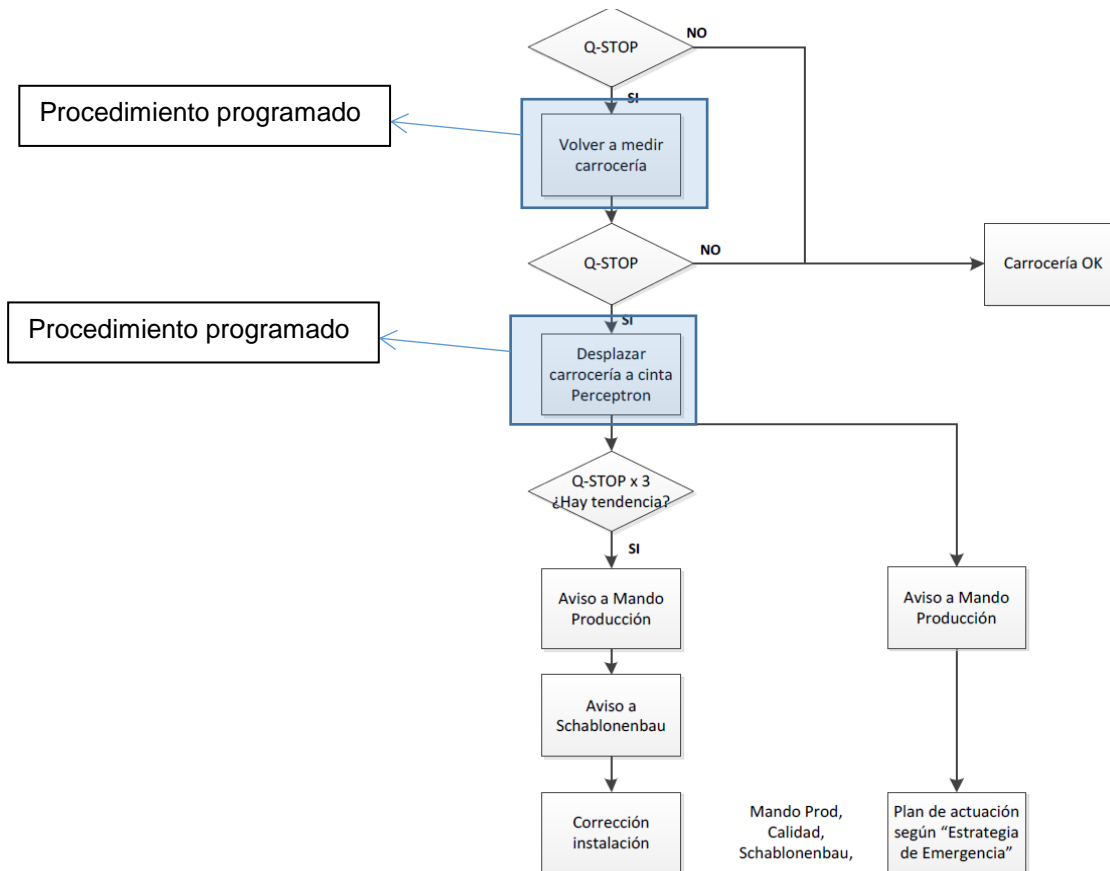


Ilustración 31 - Propuesta procedimiento ante Q-STOPs

De este modo se evita la saturación de la estación ante Q-STOPs, permitiendo la medición de las carrocerías que vienen a continuación evitando la pérdida de muestra medida.

Además la zona habilitada permitirá la inspección visual de las diferentes partes de la carrocería así como el uso de plantillas para comprobar la geometría.

Con el fin de minimizar la inversión se habilitará una zona existente junto a la estación pero que no se encuentra acondicionada para su uso.

Además se incluirá una señal luminosa en las pantallas existentes que permita una reacción más rápida ante las paradas.

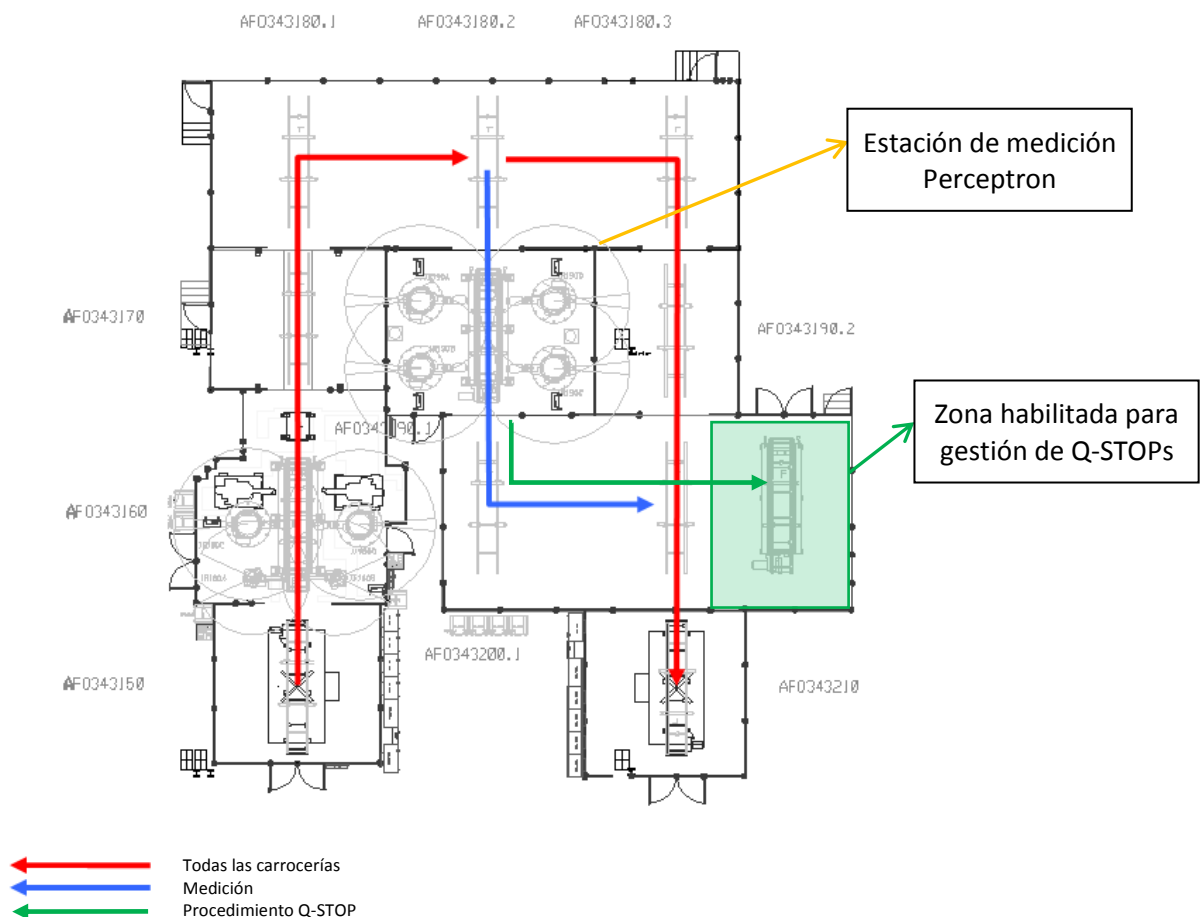


Ilustración 32 - Lay-Out gestión Q-STOPS

El protocolo de actuación en la zona habilitada para Q-STOPS se adjunta en el [ANEXO 2 – Capítulo 4.](#)

Presupuesto:

- Habilitar zona:
 - Acondicionar zona
 - Colocar escáner (reutilizado del grupo 50 antiguo)
 - Modificar plataforma para evitar atropellos por la carrocería
 - Asegurar zonas de seguridad.
 - Coste aproximado: 8000€
- Herramientas necesarias:
 - Galgas para colocación portón – 190€
 - Dummies comprobación pilotos – Existentes: 0€ , Nuevos: 6000€
 - Plantilla para comprobar medición techo-lateral
 - Útil de comprobación de hueco luna.
 - Coste aproximado: 190€ - 6190€

- Otras herramientas:
 - Útil para soldar soporte cockpit – 1000€

El coste total asciende a 9190€ en caso de poder reutilizar los dummies de pilotos existentes o a 15190€ si es necesaria la fabricación de nuevos dummies.

Se realiza una estimación del ahorro que se conseguirá con el nuevo procedimiento por parte del jefe de calidad de producción chapistería que se resume en la siguiente tabla:

	Total 2013 €	Ahorro 2014 €
Pilotos	12690,74	8883,52
Portón	1630,72	815,36
Puertas	2794,66	0
Guía ventana	6763,79	0
Lamelunas	4356,26	0
Luneta térmica	1217,2	912,9
TOTAL	29453,37	10611,78

Tabla 14 - Ahorro nuevo procedimiento

Con estos ahorros se calcula el tiempo de amortización de la inversión para las dos opciones:

Opción A: Inversión de 9190€

Tiempo de amortización:

$$t = \frac{9190 \text{ €}}{10611,78 \text{ €/año}} = 0,866 \text{ años}$$

Opción B: Inversión de 15190€

Tiempo de amortización:

$$t = \frac{15190 \text{ €}}{10611,78 \text{ €/año}} = 1,43 \text{ años}$$

En ambos casos la inversión se recuperaría en menos de 2 años por lo que sí se recomienda su aplicación.

7.3.4. Resumen de la propuesta

- Con el fin de mejorar la calidad de medición se opta por la aplicación de un delay de 0,5 segundos en los puntos que actualmente no cumplen con la tolerancia exigida.
- Así mismo se considera totalmente necesaria la división de la pieza de medición 4P en dos diferenciadas, 4P F1 y 4P F2. Para corregir las tensiones generadas por los puntalinos de manera efectiva.
- En vista de que este delay empeora el tiempo ciclo de la estación se establecen distintas acciones para mejorarlo.
 - Modificación del ciclo de medición mediante la creación de diferentes rutinas que se lancen alternativamente.
 - Cambio de ciertos puntos de medición de un robot a otro.
 - Doblar el número de rutinas de compensación (reduciendo así los puntos medidos) para evitar la pérdida de tiempo que estas suponían.
 - Aumentar la velocidad de desplazamiento de la mesa, controlando la parada gracias a los sensores existentes.
 - Posibilidad de adquirir nuevos sensores que mejoren el tiempo ciclo.
- El problema de los Q-STOPS se aborda habilitando una zona para evitar paradas a causa de estos, programando el desplazamiento de la carrocería hasta esta liberando la estación. También se incluirá una señal luminosa en las pantallas existentes que mejore el tiempo de actuación ante Q-STOPS.
- Además del establecimiento de un plan de actuación que permita controlar las desviaciones causantes de las paradas.

8. Conclusiones

El proyecto tenía como objetivo la mejora de la calidad de las mediciones, un aumento porcentual de las carrocerías medidas respecto a las fabricadas, actualmente el 75% de las carrocerías ensambladas en la cadena de montaje, así como tratar de modificar la gestión actual de los Q-STOPS por la pérdida de tiempo que suponían.

Ante la exigencia de mejorar la calidad de las mediciones de forma que estas difieran en menos de dos décimas respecto a mediciones técnicas, se considera que el planteamiento realizado en el proyecto conseguiría cumplir con el objetivo establecido.

Tras el estudio de la estación se ha concluido que los errores de medición están inducidos tanto por la velocidad de los robots, que provocan vibraciones en los sensores, como por las deformaciones generadas por las tensiones introducidas por los puntalinos debido a su modo de funcionamiento.

Para minimizar la primera de las causas se plantea la aplicación de delays en los puntos que actualmente se encuentran fuera de la tolerancia pedida, consiguiendo así, como se ha demostrado en las pruebas, reducir la desviación de estos.

Unido esto a la división del modelo 4 puertas en dos submodelos en función de la fábrica a la que pertenecen (fábrica 1 y fábrica 2) consiguiendo de este modo corregir de una manera efectiva el efecto de las tensiones generadas por los puntalinos por medio de la correlación como se ha explicado en la propuesta.

Respecto a la segunda parte del proyecto que estaba encaminada a la mejora de tiempos, y pese a que la mejora de la calidad nos ha llevado a introducir delays que van en contra del segundo objetivo, se ha conseguido reducir el tiempo ciclo en aproximadamente 10 segundos por medio de:

- Redistribución por robots de puntos de medición.
- Estudio de la importancia de los puntos con el fin de eliminarlos o introducirlos en diferentes rutinas en función de su importancia.
- Creación de subrutinas que se lanzan alternativamente incluyendo siempre los puntos críticos.
- Duplicación de las rutinas de compensación con el fin de disminuir a la mitad el número de puntos medidos por rutina, consiguiendo una mejora de tiempos sin afectar de modo alguno a la compensación.

- Modificación de la velocidad del patín en zonas controladas por los sensores de posición, sin afectar en ningún caso a los tramos críticos por poder causar golpes a la carrocería.

Por tanto se considera que el segundo de los objetivos se ha realizado, al menos parcialmente, el objetivo ideal habría sido reducir el tiempo ciclo en 15 segundos para de este modo acercarnos al 100% de carrocerías medidas y con la reducción de 10 segundos nos encontraríamos aproximadamente ante el 92% de carrocerías medidas.

Una mejora importante teniendo en cuenta que además de mejorar el tiempo ciclo se ha mejorado la calidad de las mediciones.

Por último la propuesta de gestión ante Q-STOPS incluiría una mejora tanto de tiempos como de calidad, ya que la nueva zona habilitada permitiría el estudio de los defectos así como acciones mucho más optimizadas. Como se ha mostrado, la inversión sería recuperada en menos de un año, teniendo en cuenta para ello la mejora en calidad que supondría, pero además de la mejora cualitativa también es importante la mejora cuantitativa que supondría el no paralizar la estación a causa de estas. De este modo el tercero de los objetivos quedaría cubierto.

De cualquier modo y aunque se consideran cubiertos los objetivos del proyecto es necesario nombrar al menos las alternativas que se considerarían necesarias y que han sido descartadas por motivos económicos, así como la evolución evidente del presente proyecto.

La solución obvia cuando se habla de medición sería la utilización de robots de accionamiento directo, evitando así cualquier tipo de huelgo u holgura en los mismos, siendo estos mucho más precisos que los utilizados. El coste de 4 Robots nuevos así como su instalación no es asumible, y menos teniendo en cuenta que con los actuales se pueden conseguir las tolerancias exigidas por el departamento.

Así mismo supondría una gran mejora el cambio de los sensores utilizados por un modelo actualizado, como se ha comentado en la propuesta los actuales miden un punto cada vez, y en cambio los nuevos son capaces de barrer una zona completa lo que implicaría una mejora sustancial del tiempo ciclo, siendo capaces así de alcanzar el 100% de la producción medida. De nuevo el coste es demasiado alto para plantear su aplicación.

Por último y dejando a un lado las posibles mejoras no aplicables por tema de costes, hay aspectos de mejora que aunque se han corregido sustancialmente todavía tienen margen para ser estudiados, lo que supondría la continuación de este proyecto.

Se considera que una posible ampliación del proyecto supondría el estudio de las tensiones generadas por los puntalinos, y aunque estas tratan de corregirse por medio del software de correlación, se considera totalmente necesario el estudio o diseño de un sistema de centraje no perjudicial para la estación.

Por ejemplo un sistema de puntalinos no fijos y posicionables que controlase la posición de estos mediante galgas permitiendo así la correcta medición de la carrocería. Además su importancia radica también en que las estaciones previas de fabricación utilizan el mismo sistema de sujeción que deforma la carrocería mientras está siendo conformada, para luego volver a su estado natural en el montaje de los elementos móviles.

Así pues se consideran cubiertas las exigencias iniciales del proyecto, teniendo en cuenta que todavía quede margen de mejora en aspectos como la anulación de las tensiones en vez de la corrección posterior de su efecto, con el consiguiente trabajo que conlleva o la reducción del tiempo ciclo hasta alcanzar el 100% de producción medida, porcentaje que ha mejorado sustancialmente pero del que no ha podido alcanzarse el estado ideal, en parte restringido por motivos económicos y en parte por el gran número de puntos que se considera necesario controlar. Es necesario alcanzar un equilibrio entre las dos necesidades y se ha conseguido mejorando tanto el tiempo ciclo como la calidad de las mediciones.

9. Bibliografía

Documentación Web:

<http://www.vw-navarra.es/>

<http://www.volkswagenag.com/>

<http://www.perceptron.com/>

<http://www.hexagonmetrology.es/>

<http://www.kuka-robotics.com/es/start.htm>

<http://ivanacal.files.wordpress.com/2013/05/desviacion-estandar.pdf>

Documentación Escrita:

Reporting Client (Manual del usuario Rev. C 2011)

Plant Setup (Manual del usuario Rev. C 2011)

Measurement Monitor (Manual del usuario Rev. E 2011)

Comparison Utility (User Manual Rev. F October, 2010)

Manual de operación VW System Software (VSS) Release 3.3 Versión: 01 - KUKA

Montgomery, Douglas (2004). Control estadístico de la calidad. Limusa-Wiley.

Análisis y Mejora del Error de Medición del sistema de medición in-line PERCEPTRON en VW.NA.



**Grado en Ingeniería
en Tecnologías Industriales**

ANEXOS

Alumno: Iñigo Larrea Arina

Director: Iñaki Arocena Elorza

Pamplona, 26 de Junio de 2014

ÍNDICE

ANEXO 1: Resultados 93

 CAPÍTULO 1: Resultados pruebas 94

 CAPÍTULO 2: Errores 105

ANEXO 2: Información complementaria..... 107

 CAPÍTULO 1: Marco teórico estadístico 108

 CAPÍTULO 2: Algoritmos..... 111

 CAPÍTULO 3: Puntos medidos 119

 CAPÍTULO 4: Protocolo de actuación ante Q-STOPS 127

 CAPÍTULO 5: Defectos y auditorías 129

 CAPÍTULO 6: Cómo modificar la velocidad 131

 CAPÍTULO 7: Informes diarios 133

 CAPÍTULO 8: Culebras 147

 CAPÍTULO 9: Presupuesto sensores Helix..... 157

 CAPÍTULO 10: Importancia de la compensación..... 158

ANEXO 3: Documentación técnica 159

 CAPÍTULO 1: Documentación Robots actuales..... 160

 CAPÍTULO 2: Documentación Robots propuestos 163

 CAPÍTULO 3: Información mantenimiento 167

 CAPÍTULO 4: Planos largueros 169

ANEXO 1: Resultados

CAPÍTULO 1: Resultados pruebas	94
Prueba estática – 30 ciclos – 100% velocidad	94
Prueba estática – 30 ciclos – 50% velocidad	95
Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (100% vs 50% velocidad)	96
Cálculo muestra mínima necesaria (evolución desviación estándar agrupando muestras).....	97
Prueba estática – 150 ciclos – 100% velocidad	98
Prueba estática – 150 ciclos – 50% velocidad	99
Comparación pruebas estáticas 150 muestras (100% vs 50% velocidad).....	100
Diferencias desviaciones estándar pruebas estática y dinámica.....	102
Porcentaje de carrocerías medidas (27 turnos)	103
Tiempo ciclo desglosado – 30 mediciones.....	104
CAPÍTULO 2: Errores.....	105
Informes de errores (estado inicial).....	105
Informes de errores (estado final)	106

CAPÍTULO 1: Resultados pruebas

En este capítulo se incluyen los resultados de las pruebas realizadas pero de modo resumido, se incluyen los indicadores comentados durante la memoria de los puntos más representativos en cada caso.

Todos los datos utilizados y analizados se incluyen en formato digital ya exportados a Excel, ya que carece de sentido incluirlos en este ANEXO puesto que hay más de 150000 datos.

Prueba estática – 30 ciclos – 100% velocidad

Punto	6 SIGMA	Punto	RANGO
AL1003[Z]	3,53	AL1003[Z]	1,78
ESPL001[X]	3,02	AR1001[X]	1,75
AR1001[X]	2,59	ESPL001[X]	1,66
AL1001[Z]	2,08	AR1001[Y]	1,27
AR1001[Y]	1,93	AL1001[Z]	1,12
ESPL001[Y]	1,81	AL1001[X]	1,12
AL1001[X]	1,46	ESPL001[Y]	1,02
AL1001[Y]	1,14	AL1001[Y]	0,84
MLRVL1341[Z]	0,95	MRKGJ1021[X]	0,64
MLDAA1016[Z]	0,93	MLRVL1341[Z]	0,59
ESPR001[X]	0,82	MLDAA1016[Z]	0,56
AR1001[Z]	0,81	ESPR001[X]	0,53
MRKGJ1021[X]	0,68	AR1001[Z]	0,46
ESPR001[Y]	0,57	ESPR001[Y]	0,37
MLSTS1267[Z]	0,48	MLSTS1267[Z]	0,37
LRSTS1550[Z]	0,46	ESPL001[Z]	0,28
LATDZI[Z]	0,46	LRSTS1550[Z]	0,27
MRRVL1013[Z]	0,43	MRSTS1266[Z]	0,27
ESPR001[Z]	0,43	ESPR001[Z]	0,26
MRSTS1266[Z]	0,43	MRRVL1341[Z]	0,26
MRRVL1341[Z]	0,39	LATDZI[Z]	0,25
MRDAA1016[Z]	0,39	ER2043P[Z]	0,25
MRRVL1334[Z]	0,39	AR1003[Z]	0,24
ESPL001[Z]	0,37	MRKGJ1021[Y]	0,24
AR1003[Z]	0,37	MLSTS1182[Z]	0,22
ER2043P[Z]	0,36	MRRVL1013[Z]	0,22
MLSTS1182[Z]	0,35	MRDAA1016[Z]	0,22
TLDA1550[Z]	0,35	TLDA1550[Z]	0,22
MLSTS1383[Z]	0,34	LLSTS1550[Z]	0,22
LLSTS1550[Z]	0,34	MRRVL1334[Z]	0,21

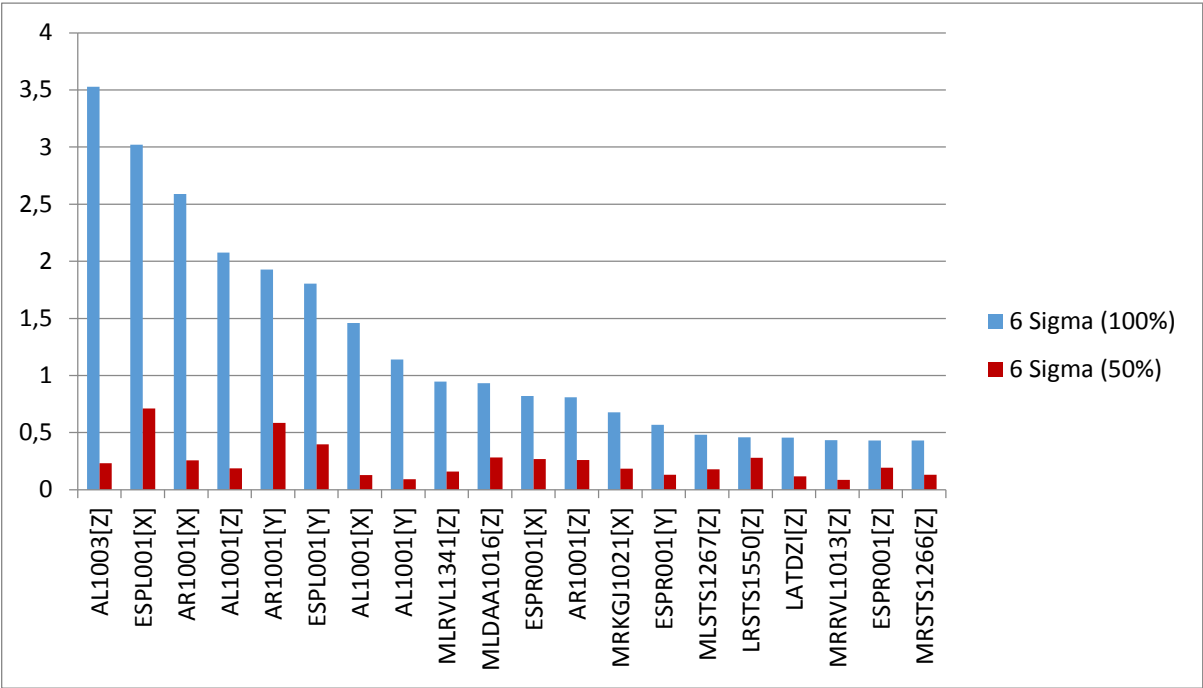
Tabla 15 - Prueba estática - 30 ciclos - 100% vel.

Prueba estática – 30 ciclos – 50% velocidad

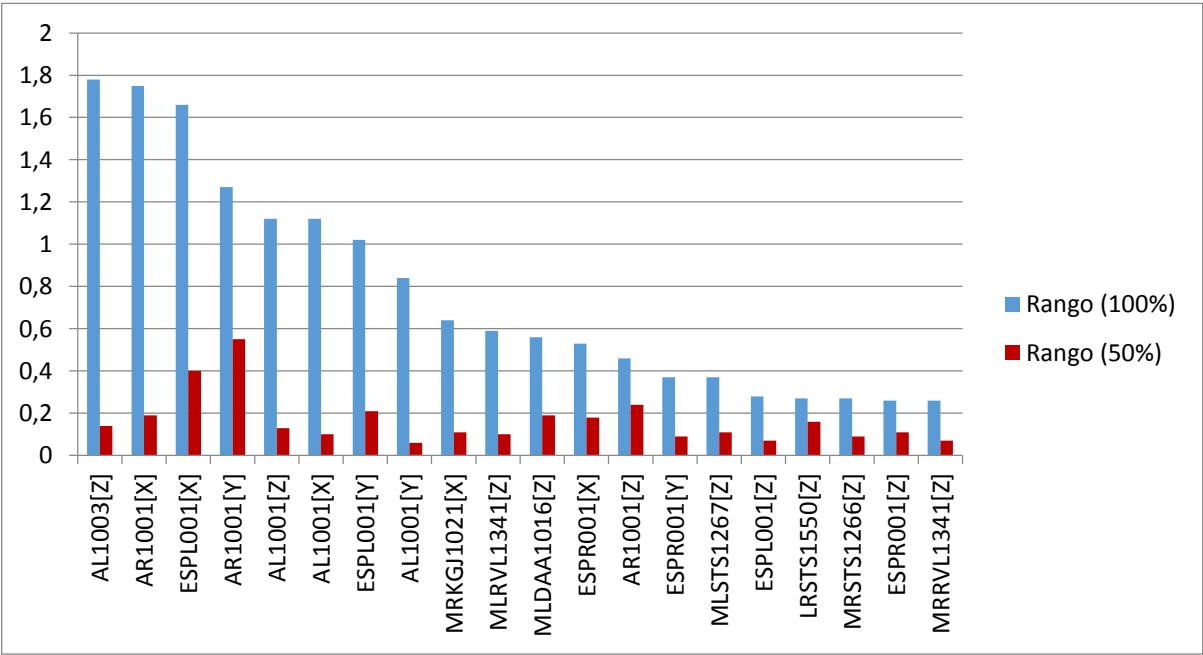
Punto	6 SIGMA	Punto	RANGO
ESPL001[X]	0,71	AR1001[Y]	0,55
AR1001[Y]	0,58	ESPL001[X]	0,4
ESPL001[Y]	0,40	AR1001[Z]	0,24
MLDAA1016[Z]	0,28	ESPL001[Y]	0,21
LRSTS1550[Z]	0,28	MLDAA1016[Z]	0,19
ESPR001[X]	0,27	AR1001[X]	0,19
AR1003[Z]	0,26	AR1003[Z]	0,18
AR1001[Z]	0,26	ESPR001[X]	0,18
AR1001[X]	0,26	LRSTS1550[Z]	0,16
LLSTS1550[Z]	0,25	LLSTS1550[Z]	0,15
AL1003[Z]	0,23	TRDAA1550[Z]	0,14
TRDAA1550[Z]	0,22	MLRVL1010[X]	0,14
ER2043P[Z]	0,20	AL1003[Z]	0,14
ESPR001[Z]	0,19	MRDAA1130[Z]	0,13
AL1001[Z]	0,19	ER2043P[Z]	0,13
MRKGJ1021[X]	0,18	AL1001[Z]	0,13
MLSTS1267[Z]	0,18	LATDZD[Z]	0,11
MLRVL1010[X]	0,18	ESPR001[Z]	0,11
MRRVL1010[X]	0,16	MRKGJ1021[X]	0,11
MLRVL1341[Z]	0,16	MLSTS1267[Z]	0,11
MLSTS1901[Y]	0,15	MLRVL1341[Z]	0,1
MRDAA1016[Z]	0,15	MRRVL1010[X]	0,1
MLSTS1383[X]	0,15	MRDAA1016[Z]	0,1
LATDZD[Z]	0,14	AL1001[X]	0,1
MRDAA1130[Z]	0,14	LATDZI[Z]	0,1
MLRVL1010[Z]	0,13	MRSTS1266[Z]	0,09
ESPR001[Y]	0,13	MRSTS1090[Z]	0,09
MRSTS1266[Z]	0,13	MLSTS1901[Y]	0,09
MRRVL1341[Z]	0,13	MLSTS1383[X]	0,09

Tabla 16 - Prueba estática - 30 ciclos - 50% vel.

Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (100% vs 50% velocidad)



Gráfica 20 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (6 Sigma)



Gráfica 21 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (Rango)

Cálculo muestra mínima necesaria (evolución desviación estándar agrupando muestras)

Nº de muestras	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
Punto																														
AL1001[X]	0,259	0,269	0,257	0,263	0,265	0,254	0,243	0,238	0,242	0,247	0,250	0,241	0,235	0,238	0,247	0,243	0,249	0,250	0,253	0,253	0,253	0,254	0,252	0,253	0,251	0,255	0,259	0,258	0,266	0,263
AR1001[Y]	0,245	0,251	0,268	0,262	0,256	0,263	0,266	0,270	0,265	0,259	0,257	0,252	0,250	0,249	0,253	0,254	0,252	0,253	0,252	0,253	0,252	0,253	0,254	0,254	0,253	0,256	0,256	0,256	0,260	0,260
MLKG1021[X]	0,247	0,242	0,235	0,234	0,231	0,223	0,224	0,229	0,229	0,229	0,230	0,231	0,232	0,232	0,233	0,231	0,229	0,228	0,227	0,225	0,222	0,221	0,219	0,219	0,217	0,220	0,223	0,226	0,227	0,227
AL1001[Y]	0,224	0,225	0,214	0,215	0,214	0,213	0,215	0,206	0,207	0,207	0,207	0,206	0,209	0,210	0,208	0,207	0,207	0,205	0,204	0,203	0,204	0,203	0,203	0,203	0,202	0,202	0,201	0,201	0,200	0,205
MLKG1021[Y]	0,166	0,164	0,161	0,158	0,161	0,156	0,157	0,158	0,160	0,164	0,163	0,167	0,169	0,171	0,173	0,173	0,174	0,174	0,174	0,177	0,177	0,178	0,177	0,179	0,181	0,184	0,189	0,193	0,196	0,201
AR1001[X]	0,255	0,201	0,184	0,185	0,190	0,192	0,188	0,192	0,195	0,196	0,195	0,200	0,198	0,198	0,196	0,199	0,201	0,201	0,200	0,199	0,198	0,199	0,198	0,199	0,197	0,197	0,197	0,199	0,199	0,200
AL1001[Z]	0,225	0,191	0,198	0,201	0,195	0,205	0,209	0,207	0,205	0,201	0,200	0,197	0,195	0,195	0,194	0,194	0,192	0,193	0,193	0,191	0,191	0,191	0,191	0,191	0,193	0,192	0,191	0,193	0,194	0,193
ESPL001[X]	0,064	0,207	0,180	0,186	0,189	0,179	0,187	0,179	0,181	0,197	0,191	0,192	0,192	0,191	0,192	0,188	0,185	0,185	0,194	0,195	0,192	0,189	0,189	0,191	0,192	0,192	0,193	0,190	0,192	0,193
MLDAA1016[Z]	0,083	0,139	0,148	0,151	0,156	0,148	0,149	0,150	0,148	0,146	0,145	0,146	0,146	0,145	0,148	0,151	0,152	0,152	0,154	0,151	0,157	0,157	0,156	0,156	0,157	0,158	0,157	0,159	0,162	0,160
RACAA_1[Z]	0,153	0,138	0,141	0,155	0,157	0,152	0,149	0,146	0,152	0,148	0,147	0,150	0,152	0,151	0,149	0,148	0,148	0,148	0,148	0,147	0,148	0,148	0,148	0,150	0,149	0,149	0,149	0,147	0,147	0,148
MURV11341[Z]	0,151	0,139	0,133	0,139	0,144	0,144	0,143	0,141	0,143	0,141	0,140	0,143	0,143	0,141	0,139	0,141	0,143	0,144	0,142	0,141	0,142	0,142	0,142	0,143	0,141	0,141	0,141	0,143	0,141	0,141
MRDAA1016[Z]	0,048	0,121	0,106	0,112	0,104	0,111	0,105	0,100	0,103	0,110	0,106	0,113	0,125	0,121	0,125	0,122	0,131	0,132	0,136	0,133	0,130	0,128	0,132	0,130	0,128	0,131	0,133	0,136	0,134	0,133
DISTEC[Z]	0,122	0,150	0,146	0,147	0,143	0,142	0,134	0,136	0,136	0,137	0,135	0,136	0,138	0,138	0,135	0,134	0,133	0,133	0,137	0,137	0,134	0,135	0,135	0,136	0,135	0,134	0,134	0,132	0,133	0,132
ESPL001[Y]	0,039	0,129	0,112	0,115	0,116	0,110	0,115	0,111	0,111	0,121	0,118	0,119	0,118	0,118	0,119	0,117	0,116	0,115	0,120	0,122	0,121	0,121	0,121	0,123	0,125	0,124	0,126	0,127	0,129	0,130
FUNZI[Z]	0,136	0,141	0,135	0,127	0,126	0,127	0,122	0,121	0,119	0,121	0,117	0,120	0,123	0,124	0,121	0,121	0,121	0,120	0,123	0,123	0,120	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,121	0,121	0,122	0,122
TECZI[Z]	0,135	0,144	0,137	0,129	0,128	0,129	0,124	0,123	0,120	0,121	0,118	0,121	0,124	0,124	0,122	0,122	0,122	0,121	0,123	0,123	0,121	0,122	0,123	0,123	0,122	0,122	0,122	0,121	0,121	0,121
MRRV11013[Z]	0,125	0,113	0,115	0,114	0,113	0,113	0,112	0,115	0,111	0,109	0,108	0,106	0,106	0,107	0,106	0,106	0,106	0,107	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,105	0,104	0,104	0,103	0,104	0,104
MRRV11334[Y]	0,063	0,067	0,064	0,064	0,066	0,069	0,068	0,068	0,069	0,070	0,070	0,068	0,067	0,066	0,064	0,064	0,063	0,063	0,065	0,066	0,067	0,068	0,071	0,073	0,075	0,078	0,081	0,085	0,089	0,093
MRST1266[Z]	0,109	0,092	0,081	0,076	0,079	0,082	0,078	0,083	0,079	0,081	0,079	0,084	0,081	0,081	0,081	0,079	0,078	0,078	0,079	0,078	0,077	0,076	0,076	0,079	0,082	0,086	0,089	0,088	0,088	0,088
ESPR001[X]	0,030	0,035	0,060	0,082	0,078	0,074	0,070	0,072	0,072	0,070	0,068	0,067	0,067	0,068	0,071	0,071	0,072	0,070	0,072	0,071	0,072	0,072	0,071	0,071	0,070	0,073	0,073	0,077	0,079	0,086

Tabla 17 - Desviación estándar por grupo de muestra

Prueba estática – 150 ciclos – 100% velocidad

Punto	6 SIGMA	Punto	RANGO
ESPL0001[X]	1,73	AL1001[X]	0,94
AR1001[X]	1,19	ESPL0001[X]	0,85
MRDAA1016[Z]	1,18	AR1001[X]	0,81
ESPL0001[Y]	1,11	MRDAA1016[Z]	0,78
AL1001[X]	1,06	MLDAA1016[Z]	0,70
MLRVL1341[Z]	0,96	ESPL0001[Y]	0,59
MLDAA1016[Z]	0,93	MLRVL1341[Z]	0,58
AR1001[Y]	0,60	MRRVL1334[X]	0,57
MRRVL1334[X]	0,60	AL1001[Y]	0,52
AL1001[Y]	0,57	ESPR0001[X]	0,47
MLSTS1267[Z]	0,54	AR1001[Y]	0,45
AR1001[Z]	0,54	TECZD[Z]	0,42
LATDZD[Z]	0,52	AR1001[Z]	0,42
MRSTS1266[Z]	0,50	MLSTS1267[Z]	0,41
TECZD[Z]	0,49	MRSTS1266[Z]	0,41
ESPR0001[X]	0,46	LATDZD[Z]	0,38
MLRVL1010[X]	0,42	ESPR0001[Y]	0,36
ESPR0001[Y]	0,42	MRRVL1013[Z]	0,35
MRRVL1013[Z]	0,42	MRRVL1341[Z]	0,35
TRDAA1550[Z]	0,42	LATDZI[Z]	0,35
MRRVL1341[Z]	0,41	MLRVL1334[X]	0,34
MLSTS1182[Z]	0,40	MLRVL1010[X]	0,33
LRSTS1550[Z]	0,40	MRRVL1334[Y]	0,32
MLRVL1013[Z]	0,39	LRSTS1550[Z]	0,32
TLDAA1550[Z]	0,39	MRDAA1130[Z]	0,30
MRDAA1016[Y]	0,38	MLRVL1013[Z]	0,28
MLRVL1334[X]	0,38	LLSTS1550[Z]	0,28
LLSTS1550[Z]	0,37	TRDAA1550[Z]	0,27
TECZI[Z]	0,36	TLDAA1550[Z]	0,27
MRRVL1334[Z]	0,36	MLRVL1010[Y]	0,27

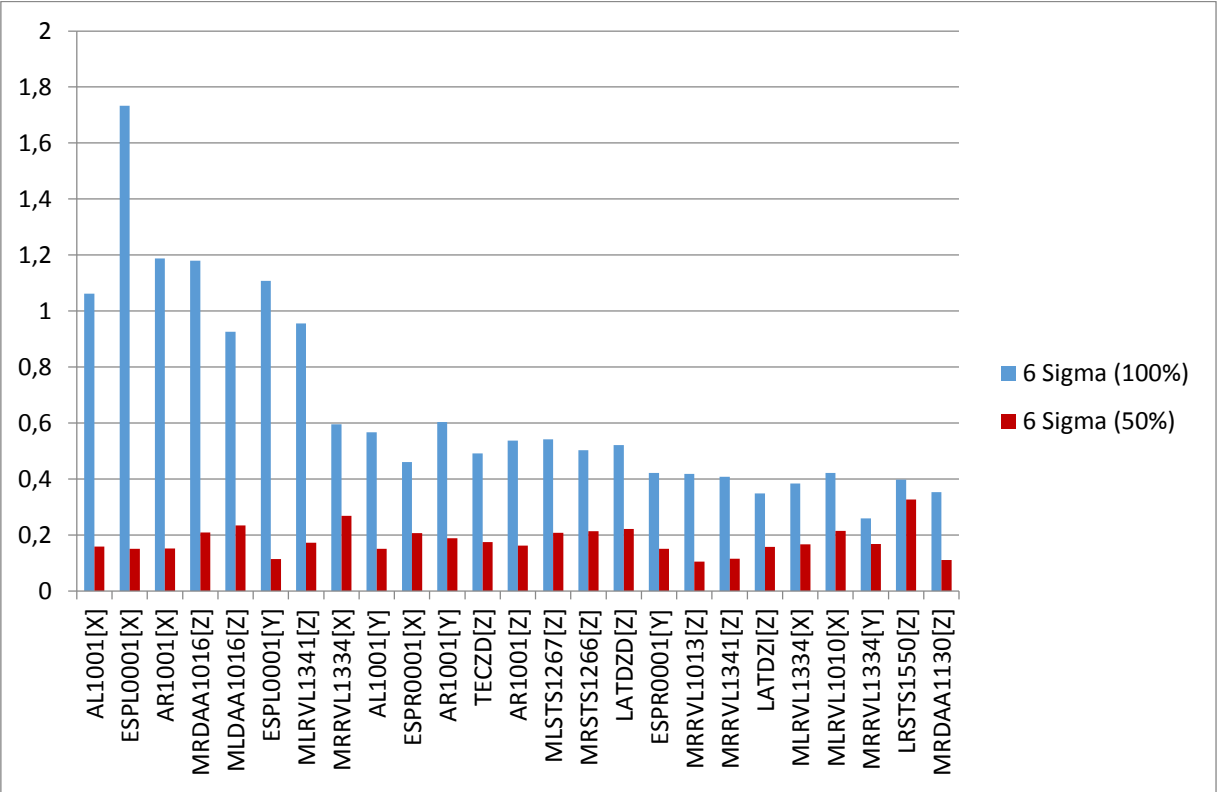
Tabla 18 - Prueba estática - 150 ciclos - 100% vel.

Prueba estática – 150 ciclos – 50% velocidad

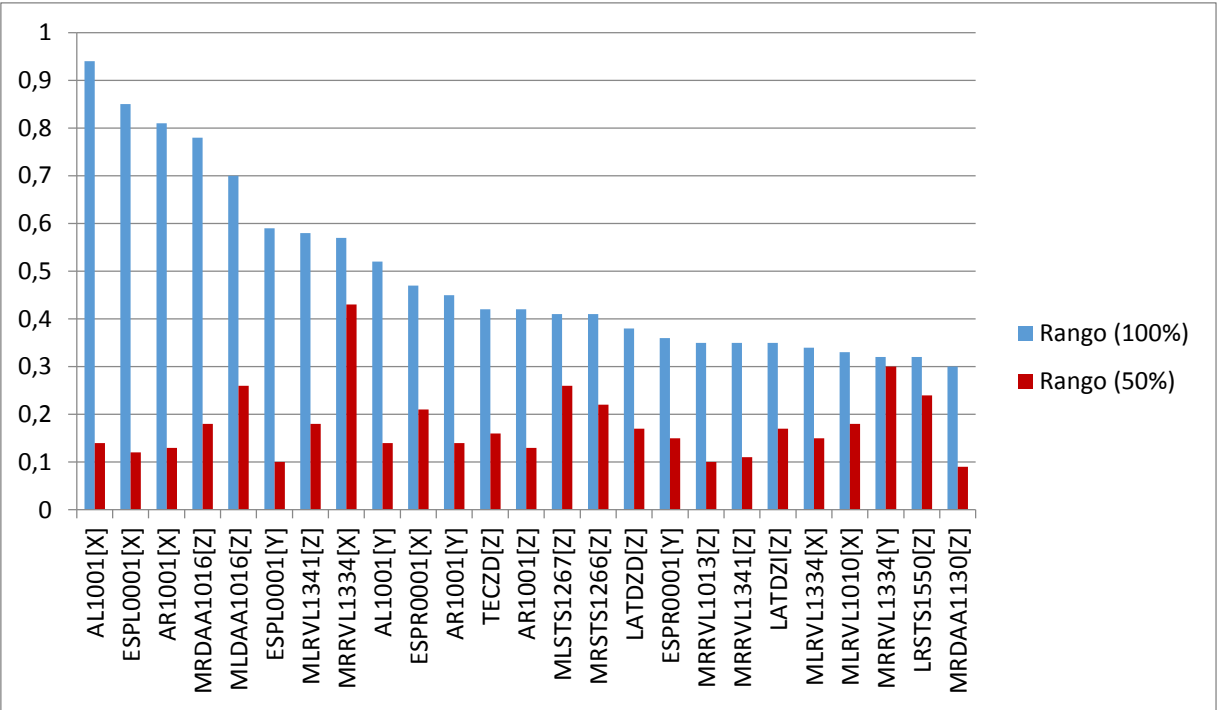
Punto	6 SIGMA	Punto	RANGO
LRSTS1550[Z]	0,33	MRRVL1334[X]	0,43
MRKGJ1021[Y]	0,32	MRRVL1334[Y]	0,30
TRDAA1550[Z]	0,30	MLDAA1016[Z]	0,26
MRDAA1130[X]	0,29	MLSTS1267[Z]	0,26
LLSTS1550[Z]	0,27	MRDAA1130[X]	0,25
MRRVL1334[X]	0,27	TECDXD[X]	0,25
MRKGJ1021[X]	0,25	LLSTS1550[Z]	0,24
AL1003[Z]	0,24	MRKGJ1021[X]	0,24
MLDAA1016[Z]	0,23	LRSTS1550[Z]	0,24
LATDZD[Z]	0,22	MLDAA1130[X]	0,23
ER2043P[Z]	0,22	MRSTS1266[Z]	0,22
MLRVL1010[X]	0,21	MRKGJ1021[Y]	0,21
AL1003[Y]	0,21	TRDAA1550[Z]	0,21
MRSTS1266[Z]	0,21	ESPR0001[X]	0,21
TECDXD[X]	0,21	TLDAA1550[Z]	0,20
AL1003[X]	0,21	ER2043P[Z]	0,19
MRDAA1016[Z]	0,21	MLSTS1390[Y]	0,19
MLSTS1267[Z]	0,21	MRDAA1016[Z]	0,18
ESPR0001[X]	0,21	MLSTS1099[Z]	0,18
AL1001[Z]	0,20	MLRVL1341[Z]	0,18
MRSLA1035[X]	0,20	MLRVL1010[X]	0,18
MLSTS1099[Z]	0,20	MLRVL1010[Z]	0,18
ESPR0001[Z]	0,19	MLKGJ1021[Z]	0,18
AR1001[Y]	0,19	LATDZD[Z]	0,17
MRKGJ1021[Z]	0,19	TECDXI[X]	0,17
TLDAA1550[Z]	0,18	AL1003[Z]	0,17
MLDAA1130[Z]	0,18	MRSLA1035[X]	0,17
MRSTS1090[Z]	0,18	LATDZI[Z]	0,17
MLRVL1010[Z]	0,18	MLSTS1176[Y]	0,17
TECZD[Z]	0,17	AL1003[X]	0,17

Tabla 19 - Prueba estática - 150 ciclos - 50% vel.

Comparación pruebas estáticas 150 muestras (100% vs 50% velocidad)



Gráfica 22 - Comparación pruebas estáticas 150 ciclos (6 Sigma)



Gráfica 23 - Comparación pruebas estáticas 30 ciclos (Rango)

Prueba dinámica – 150 ciclos – 100% velocidad

Punto	6 SIGMA	Punto	RANGO
ESPL0001[X]	1,48	AL1001[X]	0,99
AL1001[X]	1,13	ESPL0001[X]	0,91
MRDAA1016[Z]	1,08	AR1001[X]	0,85
AR1001[X]	1,00	MRDAA1016[Z]	0,80
MLRVL1341[Z]	0,98	MLRVL1341[Z]	0,71
MLDAA1016[Z]	0,96	AL1001[Y]	0,70
ESPL0001[Y]	0,95	ESPR0001[X]	0,64
MLSTS1267[Z]	0,66	MLDAA1016[Z]	0,60
MRRVL1334[X]	0,62	ESPL0001[Y]	0,56
TRDAA1550[Z]	0,59	MRRVL1334[X]	0,51
ESPR0001[X]	0,55	MLSTS1267[Z]	0,49
MLRVL1013[Z]	0,55	LRSTS1550[Z]	0,47
AR1001[Z]	0,55	MRSTS1266[Z]	0,46
AR1001[Y]	0,54	LLSTS1550[Z]	0,43
TECZD[Z]	0,54	MRRVL1341[Z]	0,43
MLKGJ1021[Z]	0,54	TECZD[Z]	0,42
MRSTS1266[Z]	0,50	LATDZD[Z]	0,42
LATDZD[Z]	0,50	TRDAA1550[Z]	0,42
LRSTS1550[Z]	0,50	AR1001[Z]	0,42
AL1001[Y]	0,50	AR1001[Y]	0,41
LLSTS1550[Z]	0,49	MRRVL1013[Z]	0,41
MRRVL1013[Z]	0,47	MLKGJ1021[Z]	0,40
LATDZI[Z]	0,47	ESPR0001[Y]	0,40
MLSTS1182[Z]	0,45	LATDZI[Z]	0,39
MRRVL1341[Z]	0,45	MLRVL1013[Z]	0,38
ESPL0001[Z]	0,45	ESPL0001[Z]	0,37
TECDZI[Z]	0,44	TECDXD[X]	0,34
TECDXD[X]	0,43	TLDAA1550[Z]	0,33
AL1001[Z]	0,42	ESPR0001[Z]	0,33
MLRVL1010[Z]	0,41	MRRVL1010[X]	0,32

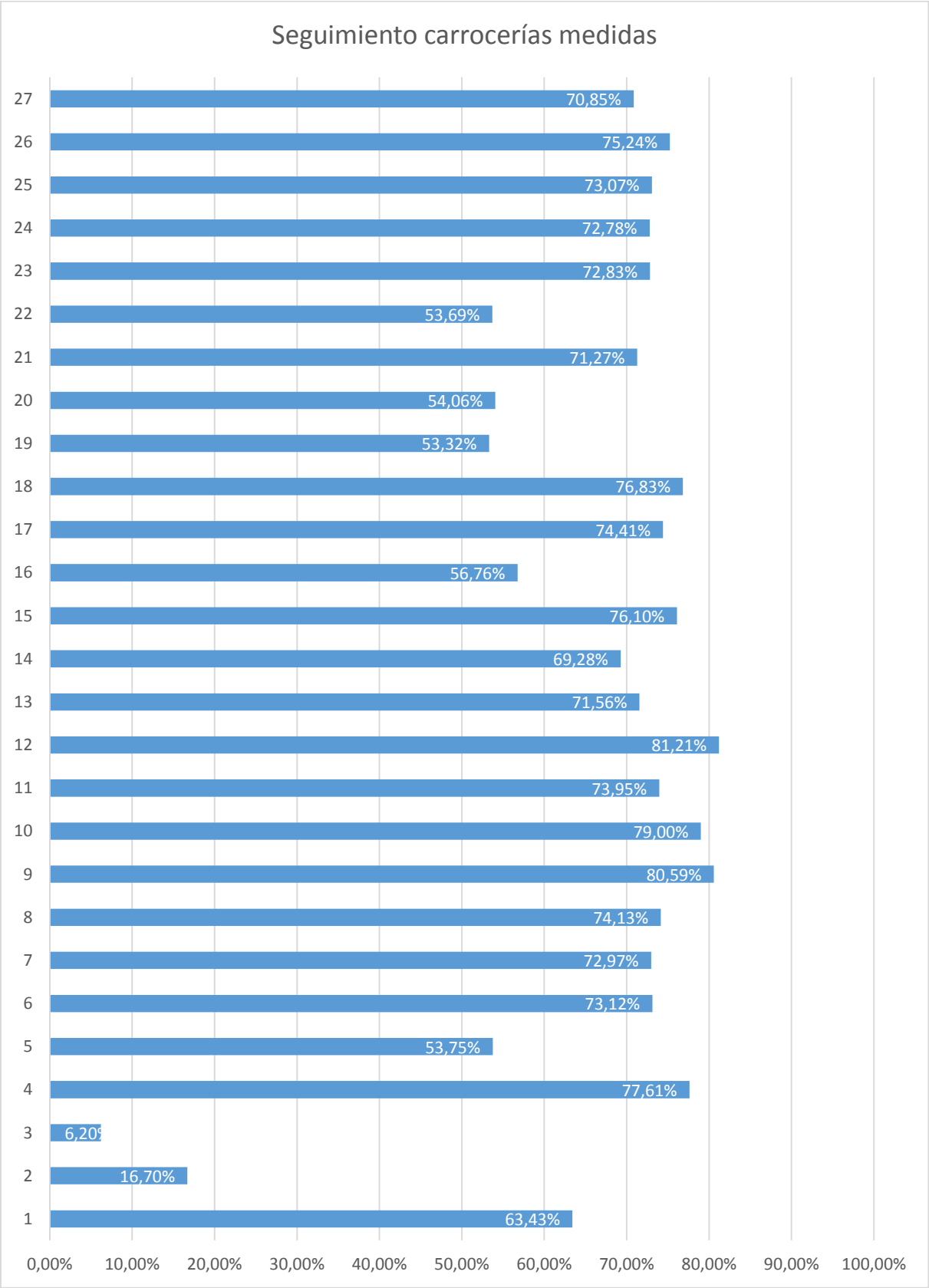
Tabla 20 - Prueba dinámica - 150 ciclos - 100% vel.

Diferencias desviaciones estándar pruebas estática y dinámica

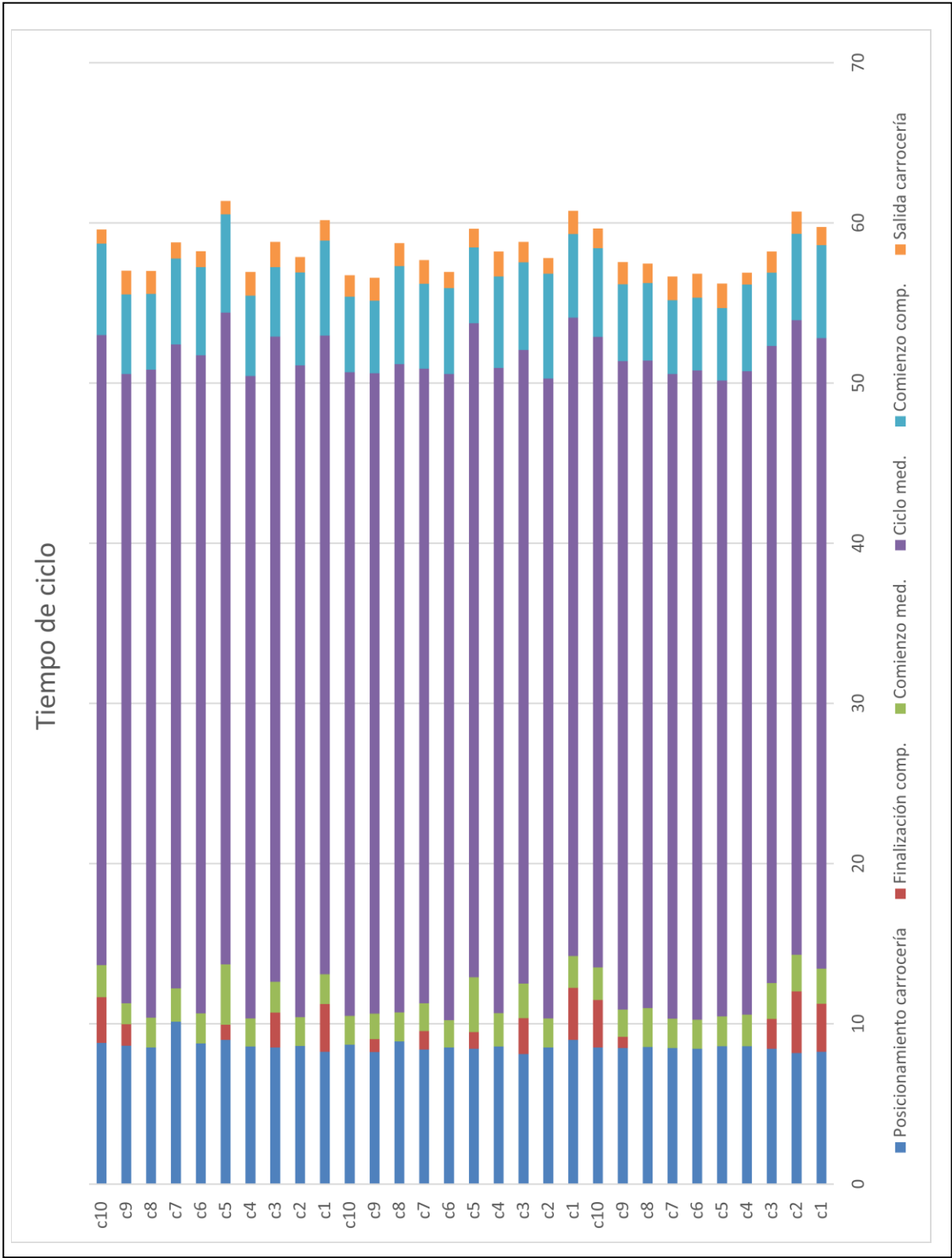
	Estática	Dinámica	Diferencia
<u>ESPL0001[X]</u>	0,2889	0,2467	0,0422
<u>AR1001[X]</u>	0,1979	0,1665	0,0314
<u>MLRVL1334[X]</u>	0,0639	0,0339	0,0301
<u>ESPL0001[Y]</u>	0,1847	0,1576	0,0271
<u>MLRVL1334[Y]</u>	0,0479	0,0270	0,0209
<u>MLRVL1010[Y]</u>	0,0558	0,0362	0,0196
<u>MRDAA1016[Z]</u>	0,1966	0,1793	0,0173
<u>MRRVL1334[Y]</u>	0,0432	0,0302	0,0131
<u>MLRVL1010[X]</u>	0,0703	0,0575	0,0128
<u>AL1001[Y]</u>	0,0945	0,0830	0,0114
<u>MRSLA1016[X]</u>	0,0253	0,0154	0,0099
<u>AR1001[Y]</u>	0,1005	0,0906	0,0099
<u>MLKGJ1021[Y]</u>	0,0420	0,0322	0,0097
<u>MRSTS1257[X]</u>	0,0321	0,0224	0,0097
<u>MLSLA1016[X]</u>	0,0291	0,0204	0,0087
<u>MLKGJ1021[X]</u>	0,0549	0,0469	0,0080
<u>MRSTS1390[X]</u>	0,0331	0,0251	0,0080
<u>MLDAA1130[X]</u>	0,0342	0,0275	0,0067
<u>MRSTS1188[X]</u>	0,0232	0,0170	0,0062
<u>MRRVL1013[Y]</u>	0,0276	0,0215	0,0062

Tabla 21 - Diferencias desviación estándar (Estática vs Dinámica)

Porcentaje de carrocerías medidas (27 turnos)



Tiempo ciclo desglosado – 30 mediciones



Gráfica 24 - Desglose de tiempos - 30 ciclos consecutivos

CAPÍTULO 2: Errores

Informes de errores (estado inicial)

perceptron

the focus on process

Informe de errores


Aufbau_BIW - 6R4800701

Piezas:	150	Opción de informe:		Coordenadas de pieza	
Modo ciclo:	Automático	Manual			
Calidad de fabricación:	OK	Tendencia		Fuera tol. Rechazo	
Sistema de coordenadas de fijación:		Fijación de informe			
Hora:	Desde:	05/03/2014 5:27:46		Hasta: 05/03/2014 10:24:24	
Pieza	Desde:	6100701		Hasta: 6101195	

Punto de inspección	Error: 532	Error: 546	Error: 548	Error: 46337	Total
INSUFICIENTES PUNTOS		LINEA NO ENCONTRADA	NO CENTRO DEL CIRCULO	Relación - Entrada de medición incorrecta	
ER2043P	3				3
FLKRY1105				29	29
FNKRY1100				29	29
FNKRY1101				29	29
FNKRY1102				29	29
FNKRY1103				29	29
FNKRY1174				3	3
FNKRY1175				3	3
FNKRY1184				18	18
FNKRY1185				18	18
FNKRY1195				25	25
FRKRY1173				3	3
FRKRY1180				4	4
FRKRY1182				4	4
FRKRY1183				4	4
FRKRY1196				3	3
HOLDZ2				4	4
MLKGJ1021			29		29
MLRVL1010			18		18
MLSTS1170		25			25
MLSTS1383	38				38
MRSTS1257	4				4
RACAA_J				29	29
Total	42	28	47	263	380

Tabla 22 - Errores iniciales

Informes de errores (estado final)

 **perceptron**
the focus on process

Informe de errores

Aufbau_BIW - 6R4800701

Piezas:	837	Automático	Opción de informe:	Coordenadas de pieza	
Modo ciclo:	Automático	Manual			
Calidad de fabricación:	OK	Tendencia		Fuera tol.	Rechazo
Sistema de coordenadas de fijación:	Fijación de informe				
Hora:	Desde:	Desde:	29/04/2014 7:37:37	Hasta:	30/04/2014 5:48:01
Pieza	Desde:	Desde:	6177526	Hasta:	6180498

Punto de inspección	Error: 530	Error: 548	Error: 46337	Total
INSUFICIENTES CGS NO CENTRO DEL CIRCULO Relación - Entrada de medición incorrecta				
AR1003	8			8
FLKRY1105			6	6
FNK1550Z			1	1
FNKRY1100			6	6
FNKRY1101			6	6
FNKRY1102			6	6
FNKRY1103			6	6
FNKRY1106			1	1
FNKRY1107			1	1
FNKRY1108			1	1
FNKRY1109			1	1
FRK1550Z			1	1
MLKGJ1021	6			6
MRRVL1334	1			1
RACAA_I			6	6
RACAP_D			1	1
TRDAA1550	1			1
Total	1	15	43	59

Tabla 23 - Errores finales

ANEXO 2: Información complementaria

ANEXO 2: Información complementaria.....	107
CAPÍTULO 1: Marco teórico estadístico	108
CAPÍTULO 2: Algoritmos.....	111
Elementos básicos de los algoritmos	111
Algoritmos de programación	112
Ejemplo de corrección	115
CAPÍTULO 3: Puntos medidos	119
CAPÍTULO 4: Protocolo de actuación ante Q-STOPS	127
CAPÍTULO 5: Defectos y auditorías	129
CAPÍTULO 6: Cómo modificar la velocidad	131
Modificación general de operación	131
Modificación velocidad punto por punto	132
CAPÍTULO 7: Informes diarios	133
CAPÍTULO 8: Culebras	147
CAPÍTULO 9: Presupuesto sensores Helix.....	157
CAPÍTULO 9: Importancia de la compensación.....	158

CAPÍTULO 1: Marco teórico estadístico

- Dispersión o variación

La dispersión o variación de un conjunto de datos se entiende como el grado en el que estos datos tienden a esparcirse alrededor del valor promedio.

Hay varias maneras de analizar la dispersión, entre las más comunes se encuentran rango, varianza y desviación estándar.

- Rango:

Se entiende como rango la diferencia entre el número de mayor valor y el de menor valor del conjunto.

- Desviación estándar:

La desviación estándar de un conjunto N se denota por s y se define como:

$$\text{Desviación estándar (DM)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum (X_j - \bar{X})^2}{N}}$$

Cuando la población es muy grande y se considera que la muestra puede no ser suficientemente representativa de la misma el factor N se sustituye por N-1, ya que el valor resultante representa un mejor estimado de la desviación estándar de la población original.

- Varianza:

Se define como el cuadrado de la desviación estándar y se representa como s^2 .

La importancia de la tanto la desviación estándar como de la varianza reside en que gracias a que la diferencia se encuentra elevada al cuadrado se evitan problemas que podrían darse a causa de los signos.

- 6 Sigma:

Pese a que los indicadores más conocidos son los 3 anteriormente mencionados (rango, desviación estándar y varianza) se va a explicar uno más del que se hará uso, esto es debido a que en VW NAVARRA están más

familiarizados con este indicador probablemente debido a que es uno de los indicadores que el propio software de Perceptron trae por defecto.

En distribuciones normales la desviación estándar tiene las siguientes características:

- El 68,27% de los valores se encuentran una desviación a cada lado de la media.
- El 95,45% de los valores se encuentran dos desviaciones a cada lado de la media.
- El 99,73% de los valores se encuentran tres desviaciones a cada lado de la media.
- El 99,999998% de los valores se encuentran seis desviaciones a cada lado de la media.

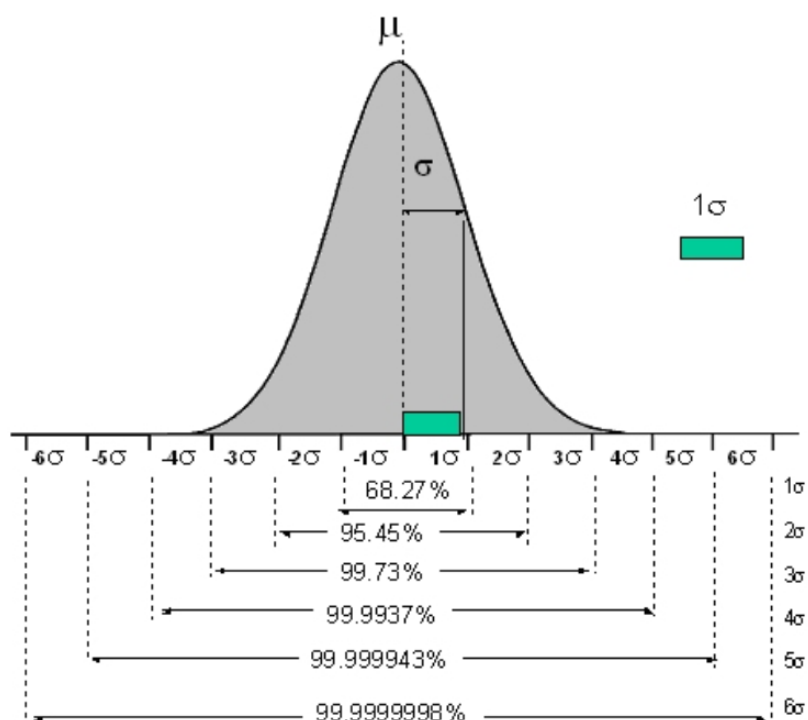


Ilustración 33 - Desviación (Porcentaje que representa)

Por tanto el indicador 6sigma que simplemente es seis veces la desviación estándar sería utilizado para asegurar casi al 100% que TODOS los posibles valores que se vayan a obtener se encontrarían dentro de esa desviación. Puede parecer un valor exagerado pero es la manera más fiable de asegurar la calidad, asegurando que los datos obtenidos son extrapolables a toda la población.

Como ya se ha comentado esto es válido cuando la distribución se comporta como una distribución normal, en caso contrario sería una buena aproximación pero no sería cierto del todo. De cualquier modo se analiza una muestra para comprobar su comportamiento.

Sobre una muestra de 300 repeticiones en uno de los puntos, el resultado es el siguiente:

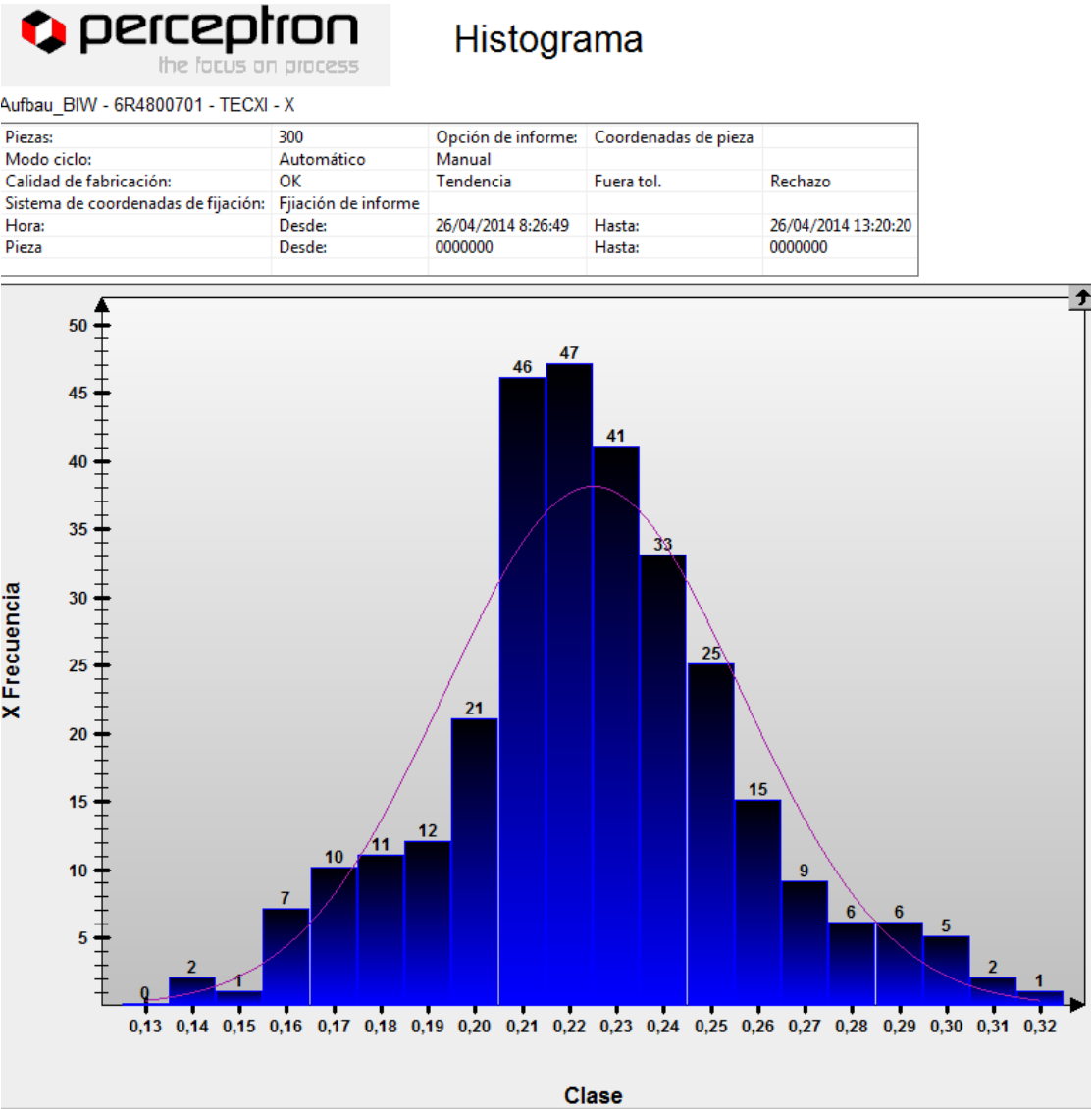


Ilustración 34 - Histograma (Distribución normal)

Como se observa en la imagen anterior se comporta como tal y por lo tanto los conceptos anteriores son aplicables, de cualquier modo si en alguno de los puntos no se comporta como tal seguiría siendo una buena aproximación de la realidad.

CAPÍTULO 2: Algoritmos

Algunos parámetros de programación son comunes a todos los algoritmos, mientras que otros son específicos de algoritmos individuales. Debido a que todas las mediciones de Perceptron se basan en el proceso de seccionamiento de luz (triangulación), las herramientas y el método de procesamiento de la imagen son siempre iguales.

Cada algoritmo individual incluye también un conjunto de herramientas que se utilizan para programar la medición de la característica específica. Algunas características pueden tener más de un algoritmo disponible.

Un ejemplo es la característica de borde, que puede emplear los algoritmos de vértice, ribete, punto flotante y simple. La información necesaria se ha agrupado en dos categorías: Elementos básicos de algoritmos: las herramientas y los conceptos comunes a todos los algoritmos. Elementos específicos de algoritmos: las herramientas y los conceptos de un determinado tipo de característica.

Elementos básicos de los algoritmos

Estos elementos comunes son consecuencia del uso por parte de los sensores del proceso de seccionamiento de luz (triangulación), también conocido como iluminación estructurada. La mayoría de los algoritmos que emplean iluminación de características (orificios, ranuras y remaches) también utilizan la iluminación estructurada en un marco diferente y, por consiguiente, utilizan estas herramientas y conceptos comunes.

- Exposición:

La exposición es el intervalo de tiempo durante el cual está activada la línea de láser o la iluminación de la característica mientras se captura una imagen. El valor de exposición para las imágenes de seccionamiento de luz debe definirse de forma que la línea de láser sea claramente visible pero no tan clara que impida que quede bien definida la información importante de la imagen. Para lograr este objetivo, la sección transversal de la imagen con el valor de brillo completo (saturación) debe tener pocos píxeles. En la mayoría de los casos, esto proporcionará un rango dinámico adecuado para tolerar las variaciones habituales del proceso y los ajustes recomendados para la exposición.

- Filtro láser:

El Filtro de láser define qué segmentos de línea se van a utilizar de la imagen de láser. Estos segmentos se utilizarán posteriormente para construir la línea de medición para el procesamiento del algoritmo. El filtro sirve para:

- Eliminar reflejos de trayectoria múltiple indeseados de las imágenes de líneas de láser.
- Definir límites como parámetros de exclusión para eliminar los reflejos de superficie no deseados de la imagen de línea de láser.
- Seleccionar el segmento de línea deseado cuando existen varios segmentos de línea en la imagen de láser.

Determinadas situaciones en las que la línea de láser deja de estar visible, debido a superficies demasiado brillantes o puntos oscuros, pueden requerir que se realicen ajustes en el filtro definiendo valores superiores para el mismo.

En estos casos, el filtro de láser debe ajustarse con un valor lo suficientemente alto para solventar estas deficiencias cuando se producen. En determinadas situaciones, cuando la característica de la línea de láser que se debe medir está muy próxima a otra, las áreas separadas de resultados claros en la imagen pueden llegar a unirse. En este caso, es necesario ajustar el filtro de láser con un valor lo suficientemente bajo para eliminar los segmentos no previstos del segmento deseado.

Algoritmos de programación

- Rango:

El algoritmo de rango mide la desviación de un punto único en un plano horizontal, como un algoritmo de seccionamiento 2-D.

La medición es la ubicación actual de una superficie a lo largo de una ruta de búsqueda definida durante la configuración del sensor. La ruta de medición es perpendicular a la línea proyectada, dentro del plano de láser del sensor. Los resultados de la medición equivalen a los resultados de medición de un punto único en un sistema MMC.

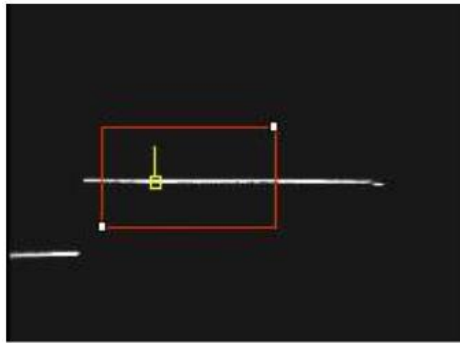


Ilustración 35 - Algoritmo rango

Por ejemplo el algoritmo de rango es utilizado en los puntos LATXD y LATXI que miden la posición del lateral en X.

- Esquina:

El algoritmo de esquina ubica la intersección teórica de mejor ajuste de dos líneas de láser en la imagen. Las esquinas tienen la forma de una "V" o de una "V" inversa en la imagen. La sección de la línea de láser que existe entre las longitudes de línea y curva define una línea en cada lado de la "V". La intersección teórica de estas líneas es el punto medido.

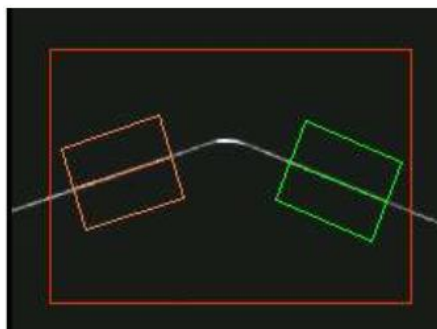


Ilustración 36 - Algoritmo esquina

Este algoritmo es utilizado en los puntos que definen el hueco portón, para encontrar exactamente la posición de los laterales.

- Borde:

Los algoritmos de Borde generan una medición bidimensional de un borde y miden la intersección entre la parte plana de la superficie del plano y el punto final. Esta intersección da como resultado unas coordenadas únicas.

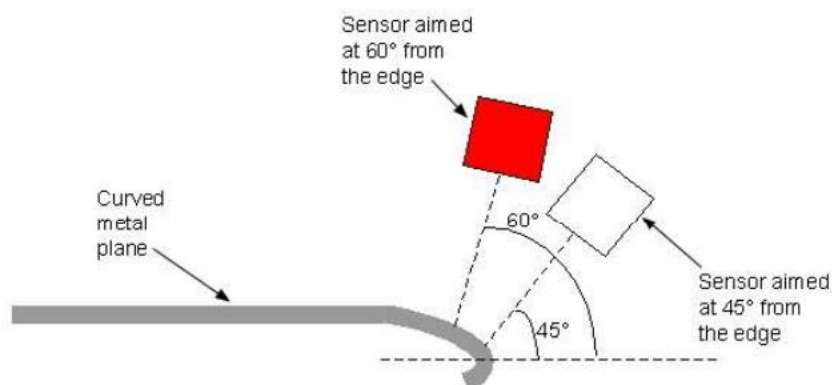


Ilustración 37 - Algoritmo borde

La figura anterior muestra el ángulo entre la pieza y el sensor, que es una rotación sobre el eje X del sensor que se inicia en el borde y se hace más positiva a medida que el sensor se orienta en dirección al plano.

Este algoritmo es utilizado para medir la posición en Z de los laterales (LATZI y LATZD) por ejemplo.

- Orificio:

El algoritmo de orificio mide la desviación de un orificio punzonado, extruido (dibujado) o con rosca. Este algoritmo ubica el centro de un orificio adquiriendo dos imágenes, una primera imagen que utiliza la iluminación de características y una segunda imagen que utiliza la iluminación de láser estructurada del sensor de la superficie.

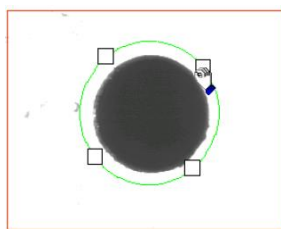


Ilustración 38 - Algoritmo orificio

Este algoritmo se utiliza en todos los agujeros de la carrocería, por ejemplo el punto ESPL0001 (también llamado KU, al cual se referencian el resto de partes de la carrocería siendo importante por ello su medición).

- Ranura:

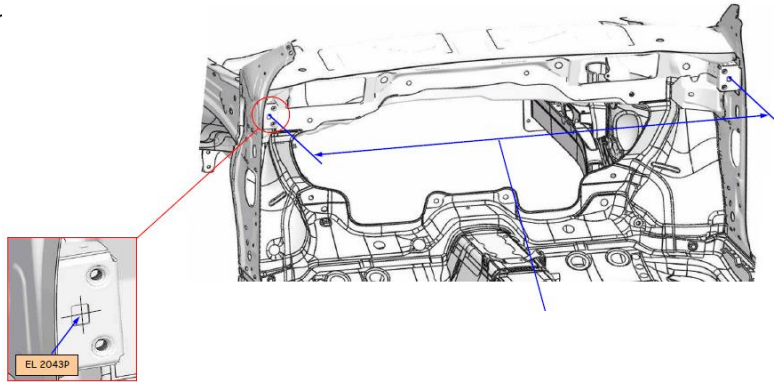


Ilustración 39 - Posición ej. ranura

Los algoritmos de ranura permiten medir la desviación de una ranura perforada o dibujada (extruida). Este algoritmo ubica la ranura utilizando la iluminación de láser estructurada del sensor de superficie y la iluminación de características, con tres grados de libertad.

Ejemplo de corrección

A continuación se muestra a modo de ejemplo la corrección de un punto que reportaba un valor incorrecto debido a una programación incorrecta del algoritmo, concretamente de la exposición del mismo.

La

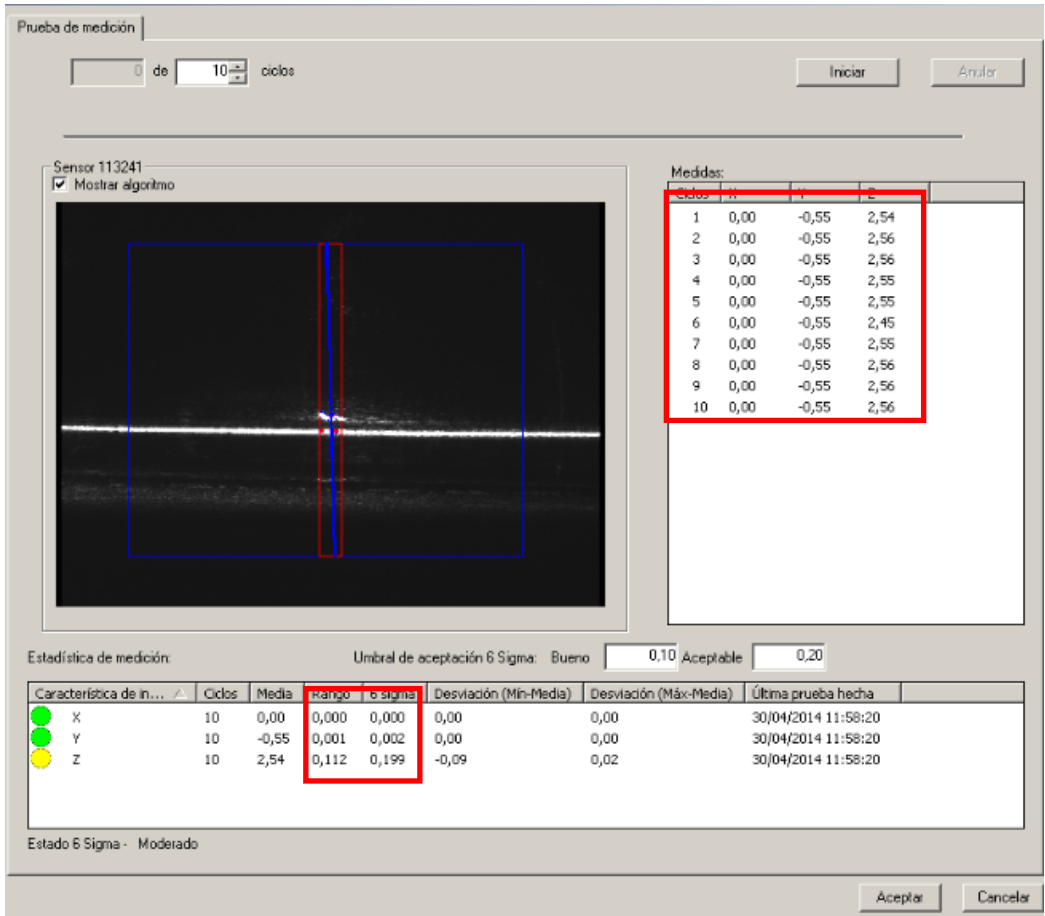


Ilustración 40 - Pantalla de prueba de medición

imagen anterior es un ejemplo de la pantalla de comprobación de algoritmos, una vez programado se realiza una prueba de medición para comprobar que no hay desviaciones en la medición por una mala programación.

Sin embargo el ejemplo que se muestra es un caso especial, ya que el programa no detecta ningún error en la programación ni desviaciones excesivas pero un reflejo hace que la medición sea incorrecta. Aunque el algoritmo es aceptado se observan desviaciones en los valores de Z con un rango de 0,112 y un valor de 6sigma de 0,199 cuando el límite de aceptación se encuentra en 0,2.

Este es el motivo de la desviación de 12mm que se mostraba en la tabla anterior, un algoritmo mal programado pero aceptado por no tener una desviación excesiva. De cualquier modo y aunque el software considere 0,2 un valor aceptable, y 0,1 un valor bueno teniendo en cuenta el resto de factores que pueden influir en la medición consideramos que es necesario rebajar estos valores y lo consideraremos bueno por debajo de 0,05. Se considera importante una buena programación del algoritmo ya que probablemente aparezcan errores mecánicos que serán más difíciles de corregir.

Por tanto se reprograma la exposición del punto reduciéndola evitando así la aparición del reflejo:

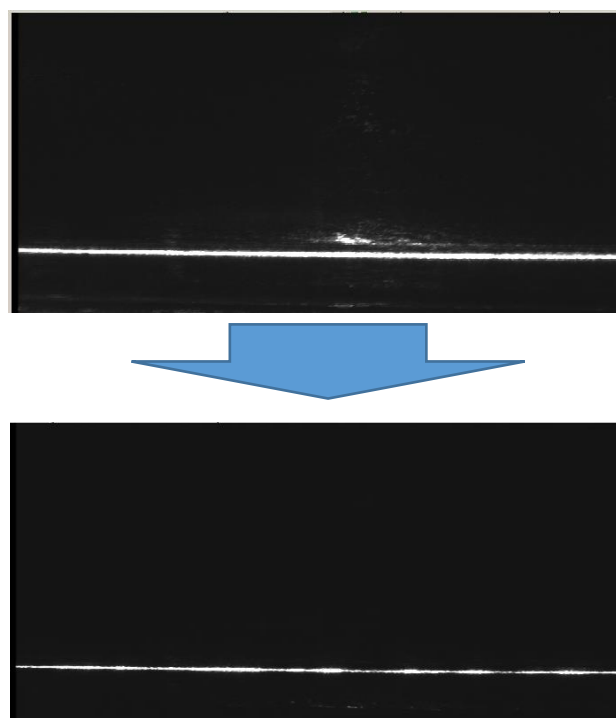


Ilustración 41 - Corrección reflejo

Tras reprogramar el punto la situación evoluciona según las imágenes anteriores, de este modo la medición nos dará el valor buscado y no será falseado a causa del reflejo.

En el caso anterior el fallo se debía a una sobreexposición, en otros casos puede darse el error por una programación incorrecta de los parámetros del mismo:

Característica de in...	Ciclos	Media	Rango	6 sigma	Desviación (Mín-Media)	Desviación (Máx-Media)	Última prueba hecha
● Diameter	10	13,45	0,016	0,034	-0,01	0,01	05/06/2014 15:52:58
● X	10	-1,42	0,108	0,308	-0,05	0,06	05/06/2014 15:52:58
● Y	10	0,03	0,291	0,896	-0,12	0,17	05/06/2014 15:52:58
● Z	10	-0,42	0,010	0,026	0,00	0,01	05/06/2014 15:52:58

Ilustración 42 - Resultados prueba erróneos

En este caso se obtenían desviaciones demasiado grandes tanto en X como en Y, desviaciones inasumibles para el sensor que tiene que mantener su mediciones por debajo de 0,1 mm (este valor es el indicado por el fabricante, de cualquier modo siempre se trata de reducir el mismo)

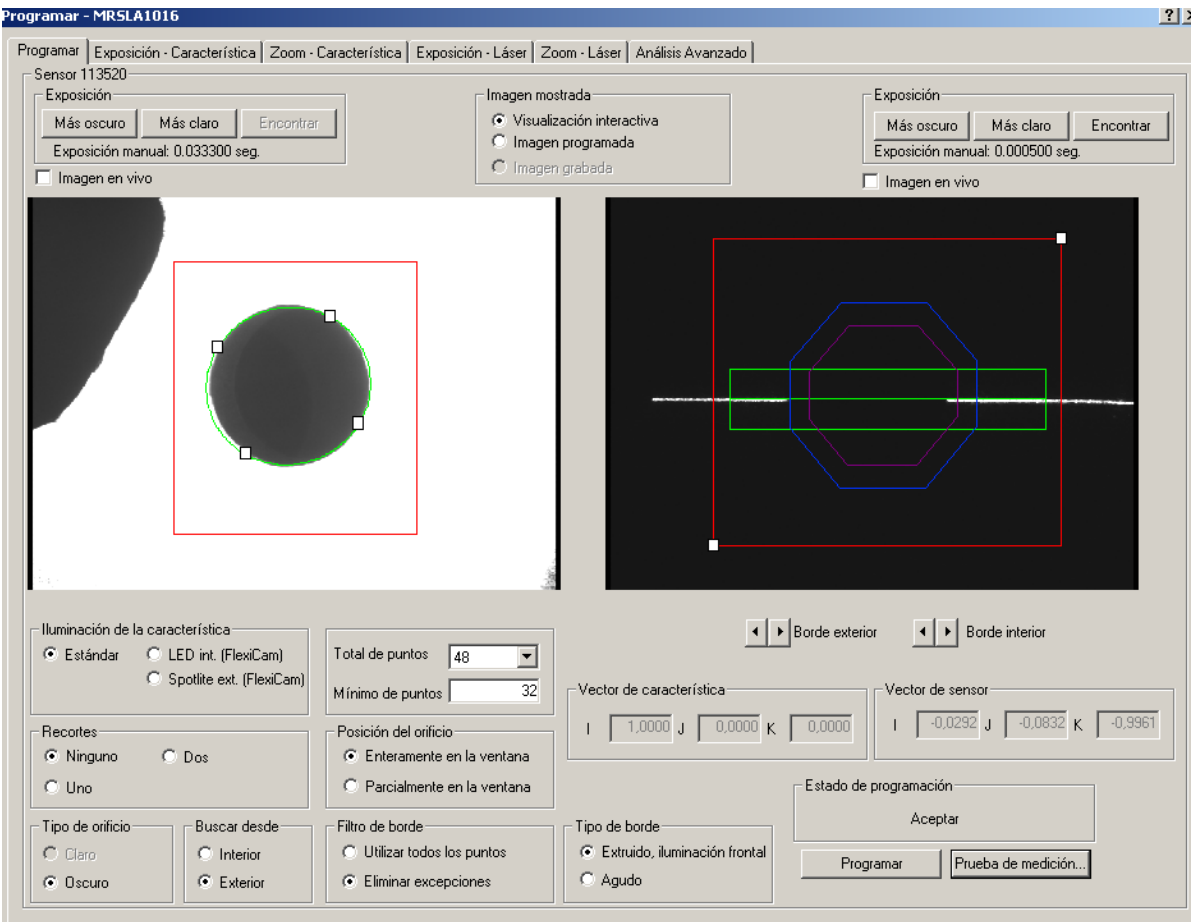


Ilustración 43 - Pantalla de programación

En el caso mostrado en la imagen era necesario modificar los bordes tanto exterior como interior para que captara la imagen de manera correcta. Además era necesario seleccionar iluminación frontal, parámetro que estaba seleccionado incorrectamente. Por último se selecciona búsqueda desde el exterior para asegurar con los bordes seleccionados que el algoritmo encuentra el agujero correctamente.

Tras la modificación la situación obtenida es la siguiente:





Característica de in...	▲	Ciclos	Media	Rango	6 sigma	Desviación (Mín-Media)	Desviación (Máx-Media)	Última prueba hecha
 Diameter		20	12,67	0,004	0,008	0,00	0,00	27/05/2014 14:42:18
 X		20	-1,64	0,005	0,006	0,00	0,00	27/05/2014 14:42:18
 Y		20	3,58	0,008	0,013	0,00	0,01	27/05/2014 14:42:18
 Z		20	-1,58	0,003	0,005	0,00	0,00	27/05/2014 14:42:18

Ilustración 44 - Resultados prueba correctos

Lo que implica que el algoritmo no tendrá ninguna influencia en el error de medición como tratará de demostrarse más adelante.

CAPÍTULO 3: Puntos medidos

Actualmente en Perceptron se miden en torno a 21 puntos por robot, lo que se traduce en unos 85 puntos medidos en cada carrocería.

No todos ellos son igual de importantes y no todos provocan que la estación se detenga ante mediciones fuera de tolerancia.

- Frontend:

Los robots A y D se encargan de medir el frontend (parte delantera) del vehículo, miden diferentes puntos a lo largo de las espadas, puntos de los que dependerá el ajuste del capó.

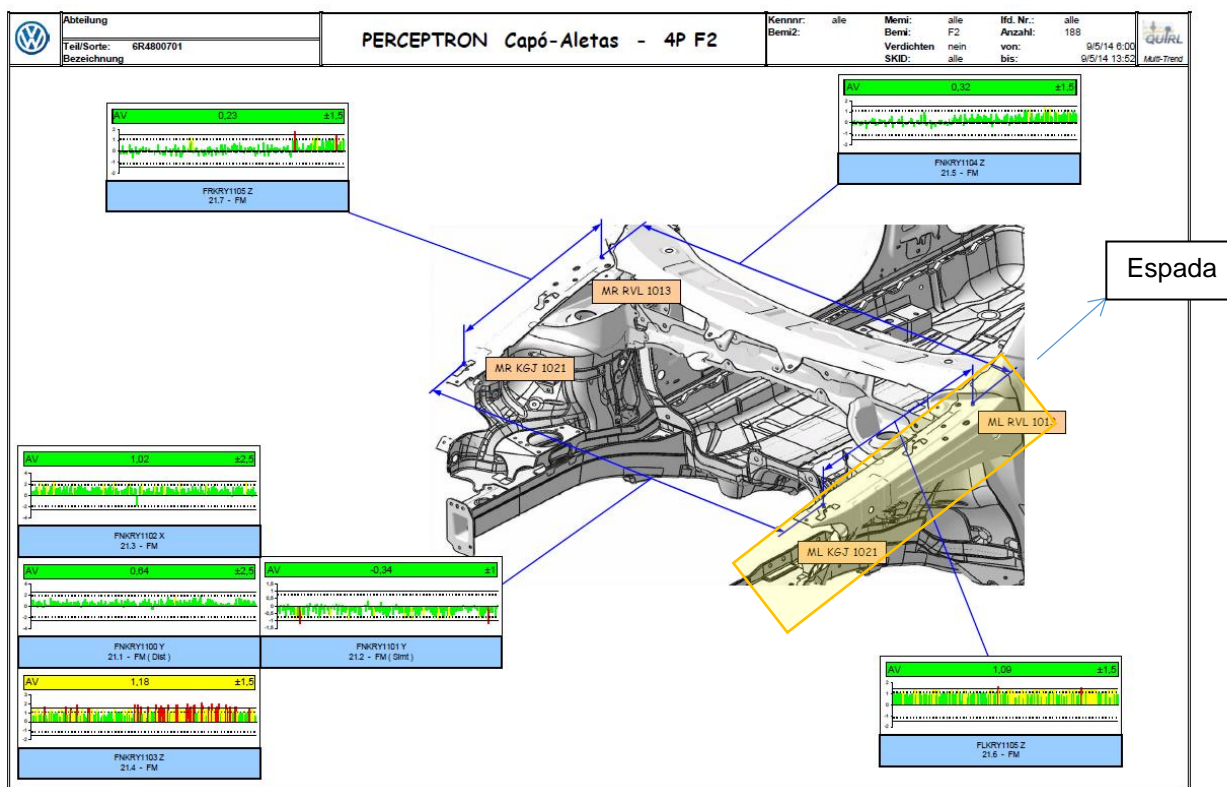


Ilustración 45 - Informe Frontend

Con los puntos medidos se calculan funciones para saber la relación entre las espadas o entre puntos de cada espada.

De este modo se puede controlar si el capó quedará ajustado correctamente, para ello en este caso la función más importante es la FKNRY1103 Z que nos indica la diferencia de alturas que hay entre las omegas, si esta es excesiva el capó no podría ajustarse correctamente lo que se traduciría en defectos de ajuste en las auditorías.

Debido a su importancia dicha función si dispone de Q-STOP, es decir, cuando la función supera su tolerancia en más de medio milímetro salta una alarma que bloquea la estación dejando la carrocería dentro hasta que se estudia el caso.

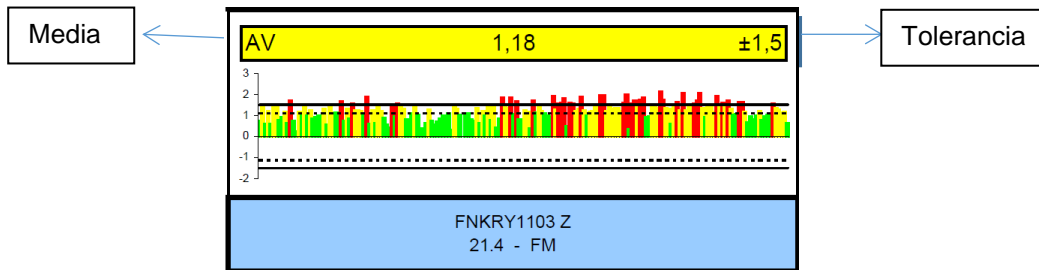


Ilustración 46 - Informe individual

Este es el aspecto que tienen los informes, cada una de las barras representa una carrocería, además se puede observar también la media y la tolerancia.

Además de las funciones que se observan en el informe mostrado se controlan algunos puntos más de los cuales se realiza un seguimiento diario, un ejemplo de estos informes se incluye en el [ANEXO 2 – Capítulo 7](#).

- Soporte cockpit:

El soporte cockpit también es medido por los robots A y D, los puntos medidos en dicho soporte son de extrema importancia ya que de ellos dependerá que cuando la carrocería llegue a montaje el cockpit se pueda colocar correctamente.

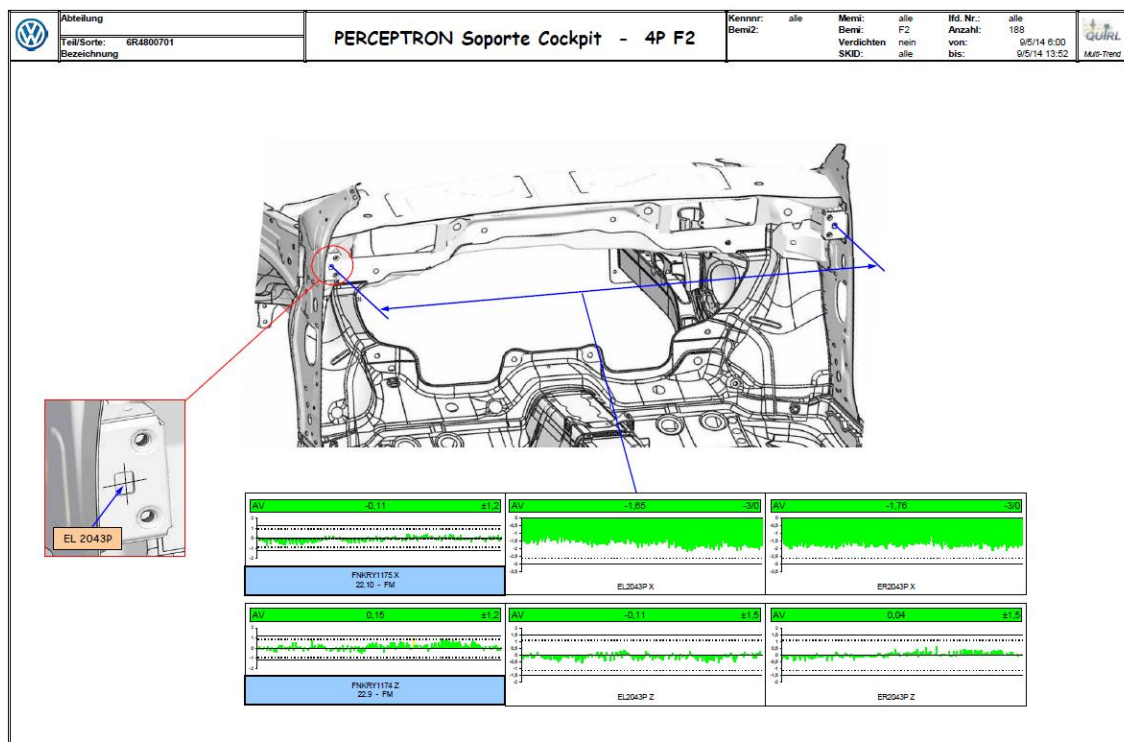


Ilustración 47 - Informe soporte cockpit

Si dichos puntos no se encontraran en su lugar y la carrocería avanzase el fallo se detectaría mucho más tarde a la hora de tratar de colocar el cockpit lo que supondría un coste mucho mayor de reparación.

Por supuesto tanto la diferencia en X como en Z de dichos puntos tiene Q-STOP debido a su importancia.

- Hueco Luna:

De nuevo son los robots A y D los encargados de medir dichos puntos, y de nuevo su medición es de gran importancia. De ellos dependerá la posterior colocación de la luna del vehículo, si no se encuentran dentro de tolerancia esa desviación imposibilitaría la colocación de la misma con un sobrecoste de la reparación en el momento de detección del fallo.

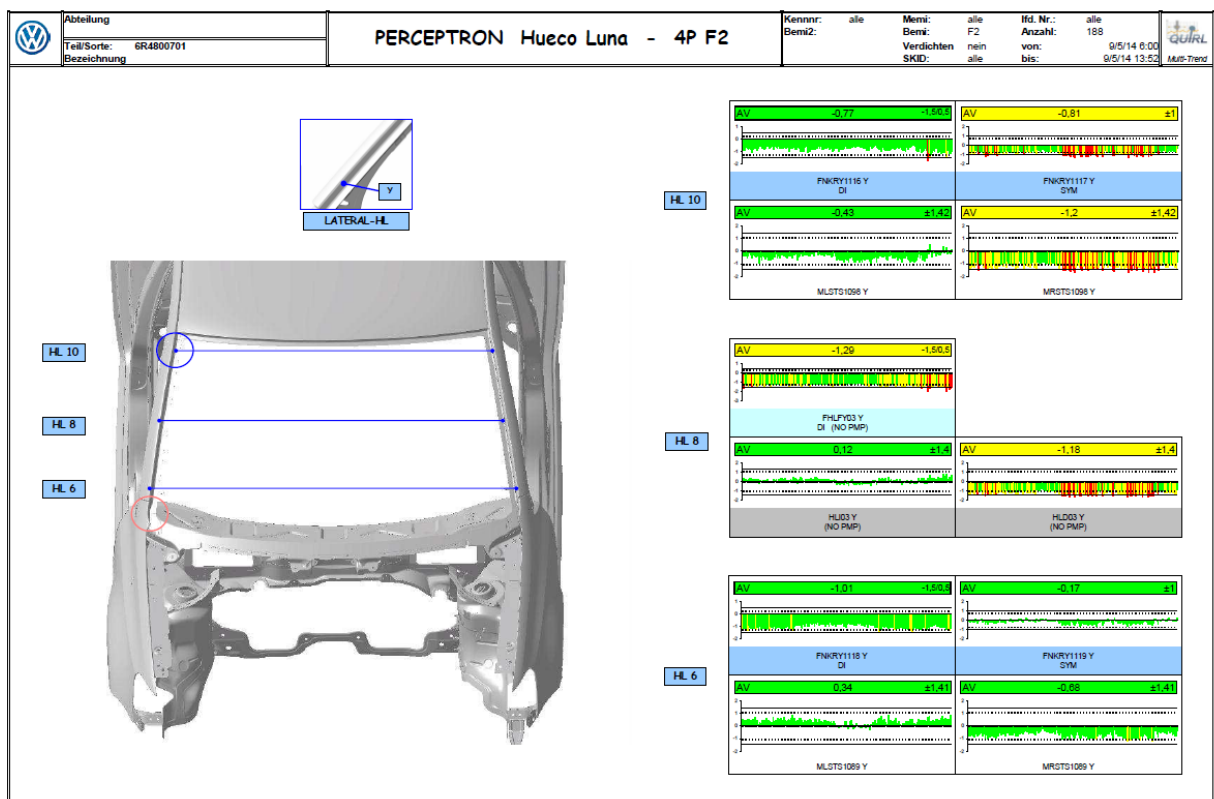


Ilustración 48 - Informe Hueco Luna

En este caso se miden 3 intervalos, la parte baja, media y alta de la luna para controlar totalmente la posición de la misma.

Obviamente y de nuevo debido a su importancia las funciones calculadas con los puntos de ambos lados disponen de Q-STOP.

- Sección techo lateral:

Con estas funciones se controlan la diferencia de alturas entre el techo y el lateral para comprobar que el techo está colocado correctamente.

Estas secciones se miden en ambos lados del vehículo por los robots A y D, salvo FUNZI y FUNZD de las que se ocupan los robots B y C.

En este caso como en los anteriores las funciones de mayor importancia implican una parada en caso de salirse sus mediciones fuera de tolerancia.

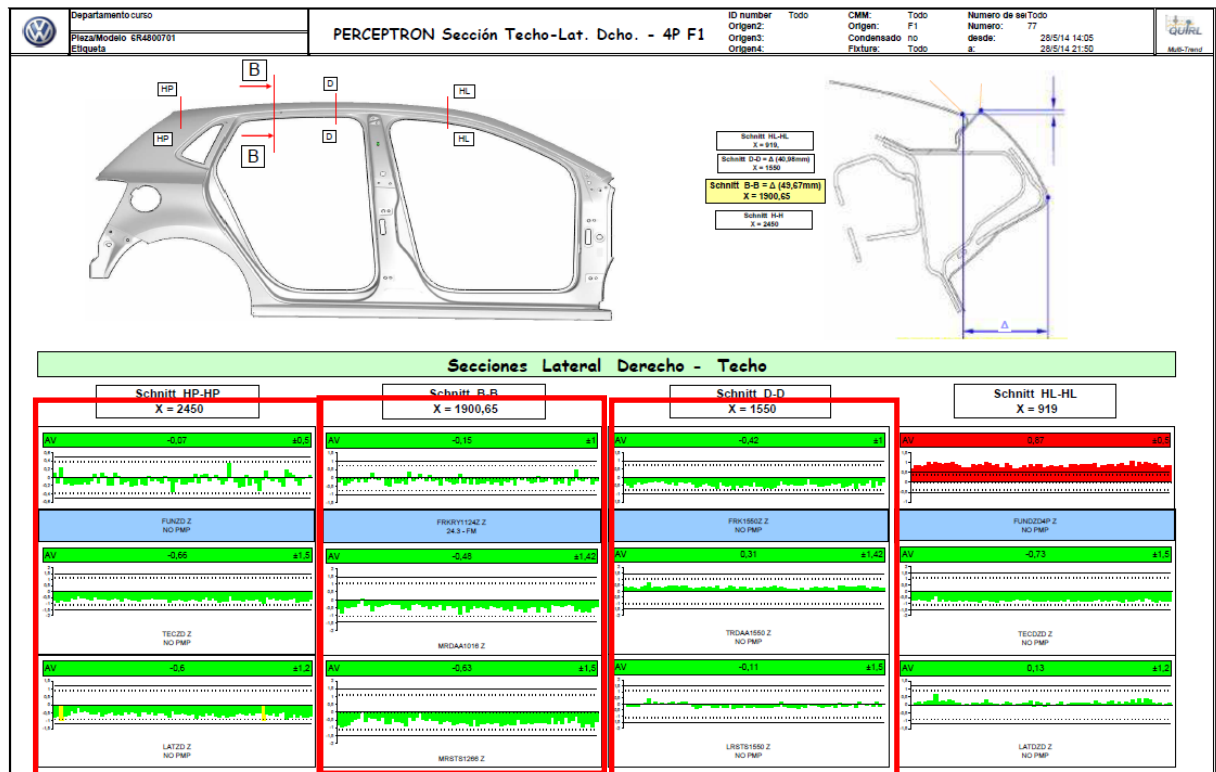


Ilustración 49 - Informe Sección Techo-Lateral

En este caso se controlan mediante Q-STOP tres funciones en cada lado, FUNZD (FUNZI) ,FRK1550 Z (FLK1550 Z) y FRKRY1124 Z (FLKRY1124 Z) que nos determinan la posición del techo en las crestas en el caso de FUNZD y FUNZI (Sección HP-HP) y la posición del techo con respecto al lateral en la parte central en los otros casos.

[illegible]

Del mismo modo que se controlan las secciones laterales para ver la posición del techo, en la parte trasera del vehículo se controlan además de las funciones que relacionan las alturas entre el techo y el lateral (ya comentadas – FUNZD y FUNZI) la relación en X de estos mismos puntos. Tanto FUNXI como FUNXD disponen de parada por Q-STOP.

En el caso de FUNZD y FUNZI nos indican si el lateral está demasiado alto con respecto al techo, estas desviaciones podrían suponer un alto coste por la necesidad de utilizar chapistas para corregirlas, de ahí la importancia de detectarlas lo antes posible para arreglar el error evitando que más carrocerías aparezcan con el mismo defecto.

La importancia de FUNXI y FUNXD reside en que ambas funciones nunca pueden tomar un valor positivo lo que significaría que el techo se encuentra adelantado con respecto al lateral lo que imposibilitaría el correcto montaje del portón. De nuevo es imprescindible encontrar rápidamente estas desviaciones para actuar y corregirlo lo antes posible.

Es una de las partes críticas de la carrocería, los puntos medidos en el hueco portón influyen directamente en al ajuste del mismo.

En este punto se controlan como se hacía en el hueco luna tres intervalos diferenciados, la parte superior, la media y la inferior.

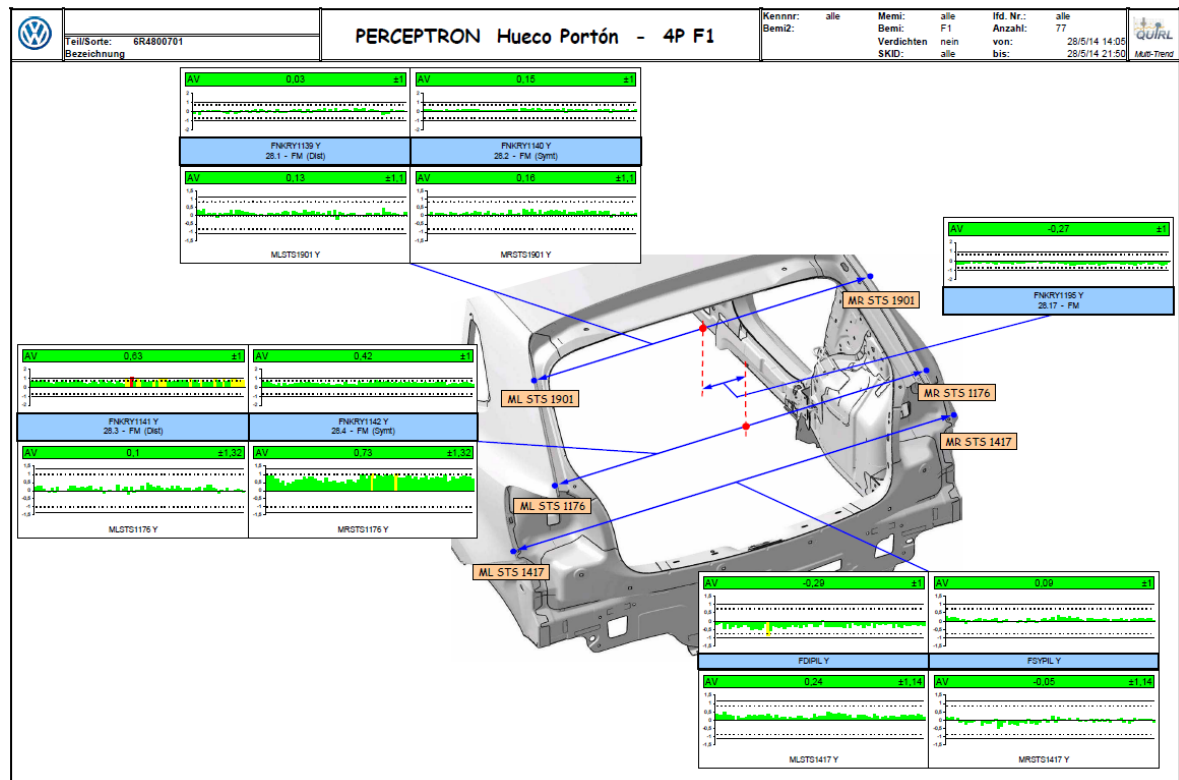


Ilustración 51 - Informe hueco portón

Más tarde se trata de estudiar la relación entre ellas y sus simetrías para tratar de encontrar los motivos en los desajustes del portón. Los problemas comentados son desenrases y holguras tanto en las crestas como en los pilotos.

En este caso todas las funciones tienen Q-STOP, no así los puntos. Esto es debido a que aunque los puntos pueden estar fuera de tolerancia si todos ellos están desviados en una misma dirección el ajuste del portón podría realizarse correctamente, de ahí la importancia de las relaciones entre ellos.

Las relaciones calculadas con los puntos medidos son tanto la distancia entre ellos como su simetría (donde se encontraría un punto imaginario que se encuentra entre ellos).

Con las simetrías calculadas se realizan unas culebras para comparar las diferencias entre ellas, y tratar de corregir las desviaciones mejorando el ajuste del portón.

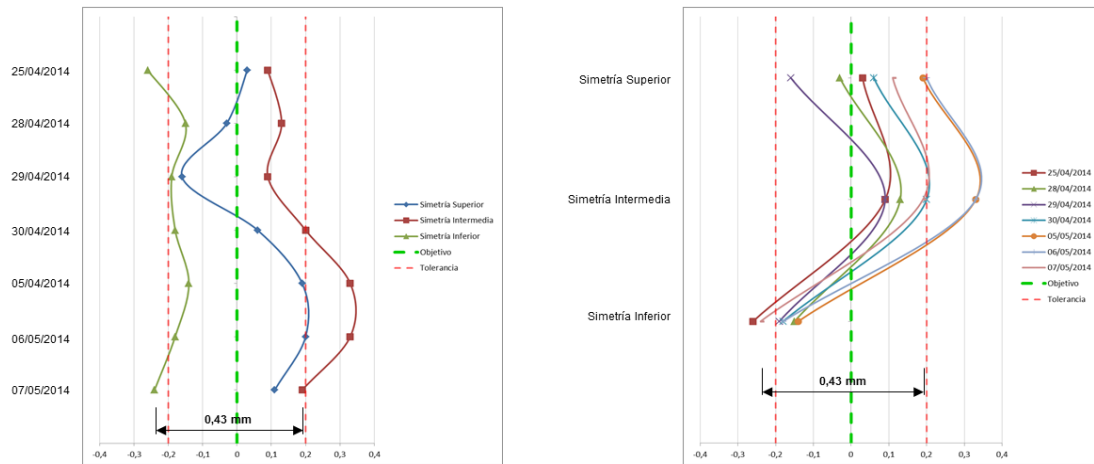


Ilustración 52 - Culebras

En las culebras de la derecha se puede observar donde se encuentra el punto medio del portón en cada caso para poder corregir estas desviaciones mejorando el ajuste del mismo.

- Pilotos:

En los pilotos se controlan varios puntos para controlar la correcta colocación de los mismos, sin embargo y pese a ser importantes ninguno de estos puntos tienen Q-STOP, aunque su medida es necesaria para controlar el ajuste y mejorarlo en la medida de lo posible su importancia no es tal para detener la estación antes desviaciones en las mediciones en los mismos.

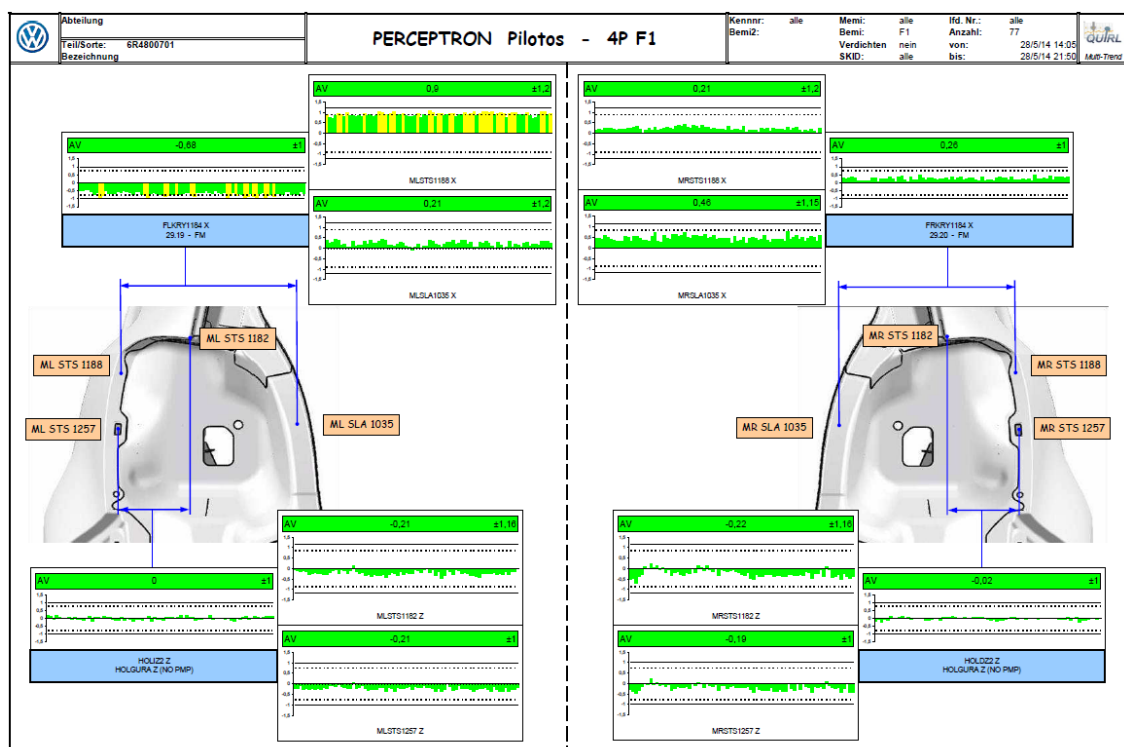


Ilustración 53 - Informe Pilotos

Además de los puntos y funciones comentados anteriormente se miden más puntos, se han explicado los más representativos por influir en el ajuste de partes importantes del vehículo.

Del mismo modo hay punto que se miden pero de los cuales no se generan informes, hay datos de los mismos en caso de que sea necesaria su consulta pero no influyen en ajustes de los diferentes elementos móviles.

Se puede consultar un informe completo (se realizan 3 informes al día, uno por turno) donde se encuentran todas las funciones comentadas anteriormente en el [CAPÍTULO 7 de este ANEXO](#).

De igual modo se pueden consultar las culebras que se realizan diariamente a continuación en el [CAPÍTULO 8 – Culebras](#).

En ellas se muestra la evolución del hueco portón durante 7 días, en X, Y y Z para estudiar el efecto de sus mediciones en el ajuste del portón.

CAPÍTULO 4: Protocolo de actuación ante Q-STOPS

- a) En primer lugar Schablonenbau modificará el Q-Stop durante la corrección para evitar paradas consecutivas.
- b) Estrategias de emergencia por grupo de funciones:

Hueco portón:

- Mando avisa de Q-Stop a Calidad, Schablonen, Monitor y Mediciones.
- Portón de línea finish + Galgas + dummies -> Se monta portón en carrocería.
- Decisión Best-Fit, es decir, se decide donde dejar el defecto hasta que sea corregido por Schablonenbau.
- Se comunica la decisión de Best-Fit a líneas finish.

Hueco luna:

- Mando avisa de Q-Stop a Schablonenbau
- Con útil de hueco luna:
 - Si hay problemas para montar la luna y la medida < -2mm se corrige la instalación y se gestionan los pines.
 - Si hay problemas para montar luna y la medida es > -2 se retrabaja el hueco luna.
 - Si el útil dice que no hay problemas para montar luna se corrige la instalación.
- Envío lista de pines a montaje.

Capo-Aletas:

- Comunicación motivo Q-Stop a líneas finish.
- Marcar inicio y fin de carrocerías defectuosas.
- Mando avisa de Q-Stop a Grupo (Calidad, Schablonenbau...)
- Si corrección en Z: capó alto o bajo
 - Colocar calibre de Frontend en líneas finish y evaluar si es necesario colocar arandela para enrasar (parche mientras se corrige).
 - Cuando la instalación este corregida, retirar arandela.
- Si corrección en Y (Función KU): capó cruzado
 - Modificar útil operario para que holgura capó-aleta no se cierre.
 - Cuando la instalación esté corregida, útil a posición inicial.

Secciones techo – lateral:

- Mando avisa de Q-Stop a grupo.
- Comprobar medidas en x, y, z:
 - Si medición simetría y contorno > 1 mm se corrige la instalación, se cambia techo y se controlan pines de inicio y fin.
 - Si medición simetría y contorno < 1 mm se corrige instalación sin cambio de techo.
- 1ª carrocería después de corrección: Se comprueba con plantilla de calidad serie si la modificación es correcta, sino, corregir de nuevo.

Sujeciones cockpit

- Sacar autobastidores o carrocerías y retrabajar con nuevo útil (en presupuesto).
- Identificar pines de carrocerías defectuosas.
- Volver a introducir a línea.

Pilotos

- Si la holgura en piloto (HOLDZ2 / HOLIZ2) está fuera de tolerancia, definir con Schablonenbau, montaje y calidad la operación especial a seguir.
- Si enrase piloto con portón (FRKRT1184 X, FLKRY 1184X) está fuera de tolerancias, aviso de mando de producción a grupo. Se montan dummies para decidir ajuste Portón.
- Comunicación de decisión de enrase portón a Finish o de la operación especial tomada con montaje.

CAPÍTULO 5: Defectos y auditorías

La valoración de los defectos queda en manos de los auditores, por tanto no hay una definición clara de ellos, aunque se valoran en función de su importancia.

- Defectos C y C1:
 - No son defectos demasiado importantes, un cliente medio no reclamaría por uno de ellos, sin embargo hay que llevar un control de los mismos para eliminarlos en caso de que se trate de un defecto repetitivo.
- Defecto B y B1:
 - Un defecto B ya tiene cierta importancia, este tipo de defectos se espera que sea reclamado por un cliente exigente. Estos defectos deberían ser reparados asegurándose de corregir el motivo del mismo.
- Defecto A y A1:
 - Son aquellos que implican características de seguridad o exigencias legales, estos defectos siempre serían reclamados por el cliente. Deberían eliminarse, controlar toda la serie e iniciar inmediatamente las acciones necesarias para su corrección.

Hay tres tipos de auditorías en las que se analizan los defectos:

- Auditoría ZP5:
 - Diariamente se auditan entre 2 y 4 carrocerías en profundidad tal y como saldrían del taller de chapistería (los defectos se reparten entre prensas y chapa dependiendo de su origen).
 - En estas auditorías se analizan todas las posibles holguras entre puertas, portón, capó, pilotos...los enrasos entre los distintos elementos, así como los defectos de superficie.
- Auditoría DKA:
 - Diariamente se auditan 12 carrocerías, 4 por turno con una profundidad menor con objeto de tener una muestra mayor. Al igual que en ZP5 se auditan carrocerías tal y como saldrían del taller de chapistería (los defectos se reparten entre prensas y chapa dependiendo de su origen).
 - Se analizan los mismos defectos que en ZP5.

➤ Auditoría ACA:

- Es la auditoría de coche acabado, en esta se audita el vehículo como se vendería al cliente.
- A diferencia de las anteriores en esta se buscan defectos que se imputan a todos los procesos implicados en la producción (prensas, chapistería, pintura, montaje y proveedor).
- En este caso la nota obtenida en la auditoría conlleva una serie de acciones, pudiendo bloquear una serie entera de vehículos en función de los defectos encontrados.

CAPÍTULO 6: Cómo modificar la velocidad

Modificación general de operación

Cuando se programa un punto hay distintas posibilidades, aunque por ahora nos centraremos en la velocidad.

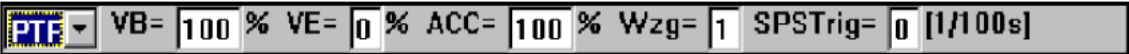


Ilustración 54 - Valores modificables por punto

En la imagen anterior el valor VB se corresponde con el porcentaje de velocidad respecto al valor nominal de operación y el valor ACC el porcentaje de la aceleración respecto a su valor nominal también.

Para realizar la prueba al 50% de velocidad se podrían modificar estos parámetros, pero esta modificación se realizaría punto por punto lo que significaría una gran modificación para realizar una prueba.

Tras analizar las posibilidades en el manual de KUKA se encuentran dos valores denominados POV y HOV denominados override de programa y override manual, y modificando el POV (override de programa) se puede reducir la velocidad de ejecución en modo automático.

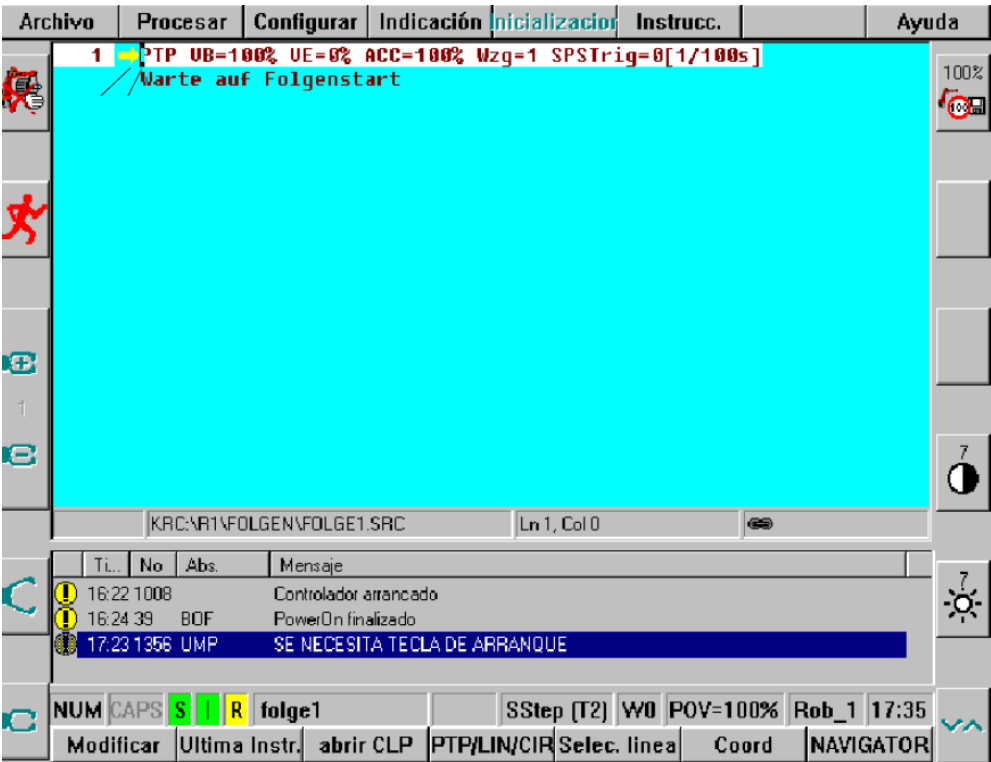


Ilustración 55 - Pantalla programación robot



A través de los pulsadores que se encuentran junto al icono anterior se modifica el valor del override de programa, este cambio se verá reflejado también en el resumen que aparece en la parte inferior de cada control de robot.



Ilustración 56 - Ampliación parte inferior pantalla

Esta modificación solo tiene sentido para realizar la prueba, ya que se reducen todos los movimientos de robot. Una vez medidos los puntos y vuelve a posición casa la velocidad es reducida, además al realizar la compensación de temperatura la velocidad reducida tampoco tendría sentido puesto que es una pérdida de tiempo. Por tanto nos aprovechamos del override de programa para las pruebas pero si se trata de modificar velocidades permanentemente habrá que modificar el programa de robot.

Modificación velocidad punto por punto

En este caso para modificar la velocidad es necesario modificar el programa del robot, se va a la línea correspondiente a dicho punto y se modifican los valores indicados en la imagen anterior.

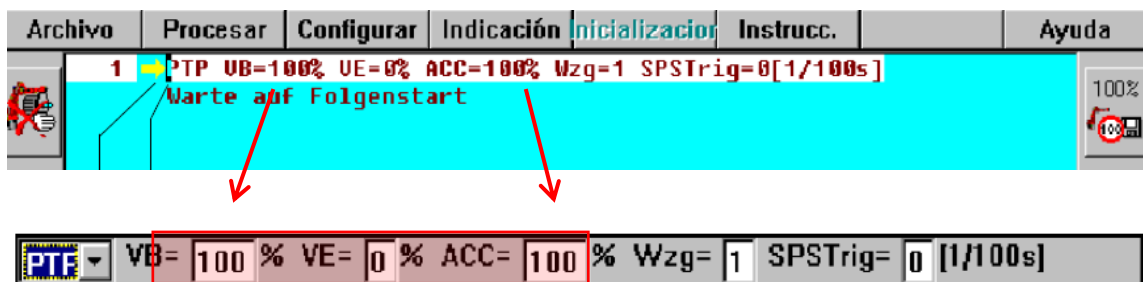


Ilustración 57 - Modificación velocidad

VB: Velocidad del robot (respecto a nominal).

VE: Indica si la llegada del punto es exacta o aproximada, se utiliza si el punto es un punto de paso por el que no es necesario pasar.

ACC: Aceleración del robot (respecto a nominal).

CAPÍTULO 7: Informes diarios



Abteilung

Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

PERCEPTRON Capó-Aletas - 4P F1

Kennnr:

alle

Bemi2:

Memi:

alle

Bemi:

F1

lfd. Nr.:

alle

Anzahl:

130

Verdichten

nein

von:

30/5/14 6:03

SKID:

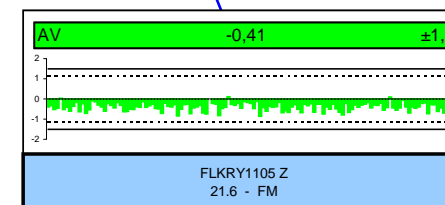
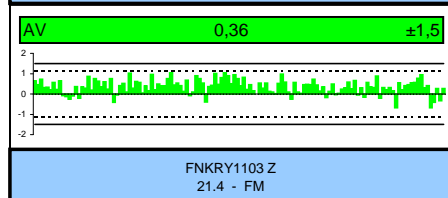
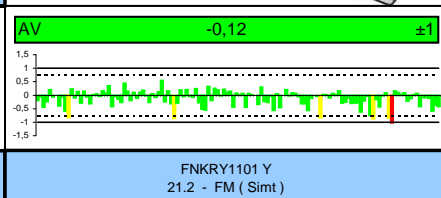
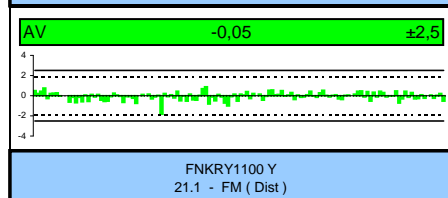
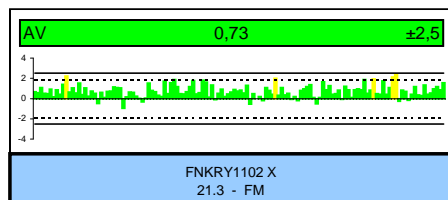
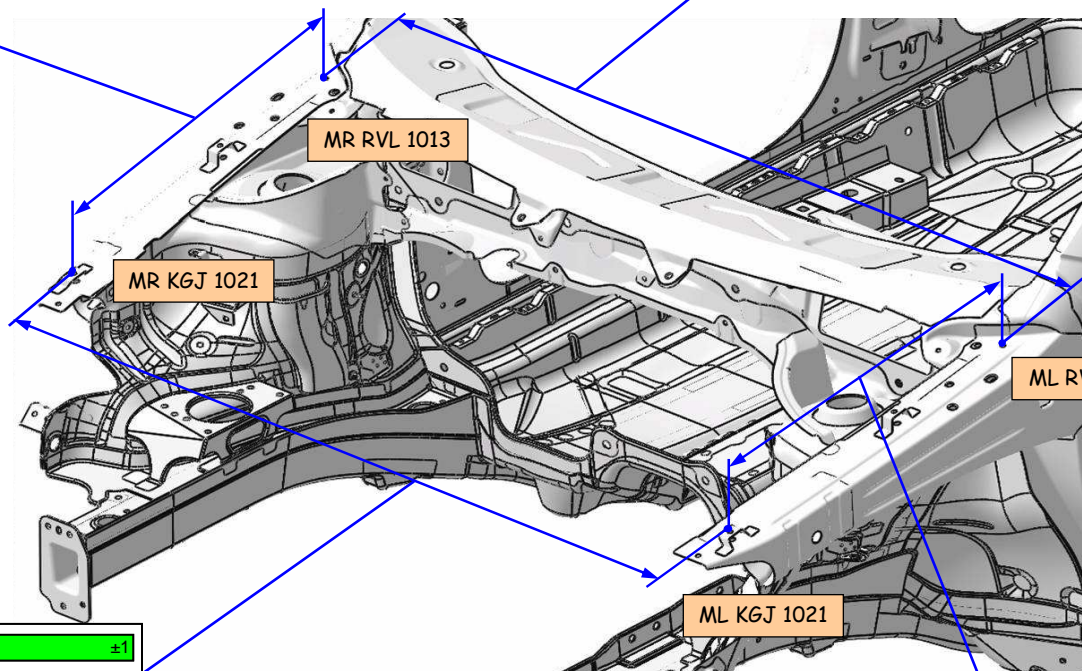
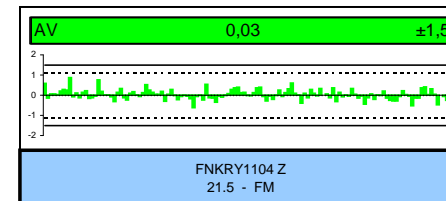
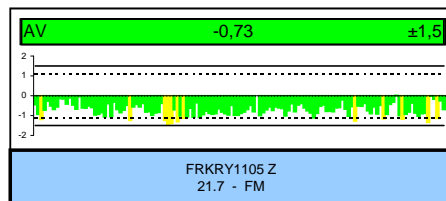
alle

bis:

30/5/14 13:49



Multi-Trend





Abteilung

Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

PERCEPTRON Ajuste Capó - 4P F1

Kennnr: alle

Bemi2:

Memi: alle

Bemi: F1

Verdichten: nein

SKID: alle

Ifd. Nr.: alle

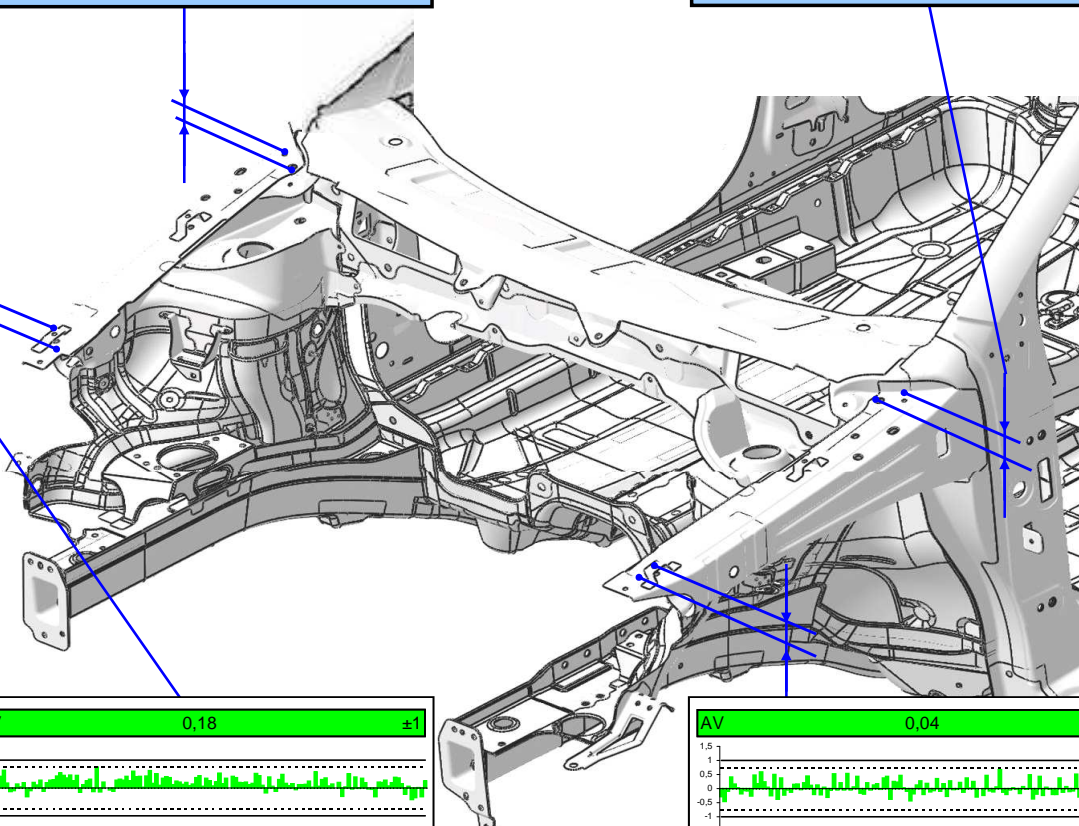
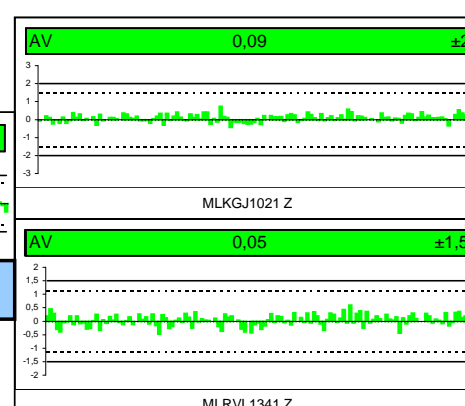
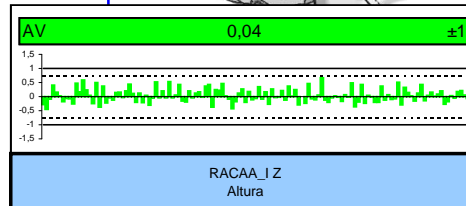
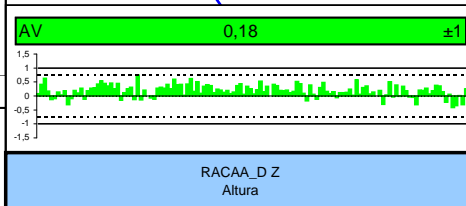
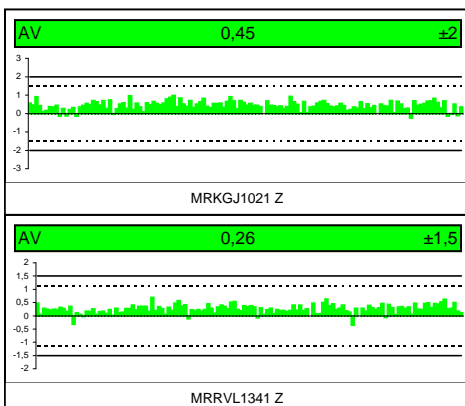
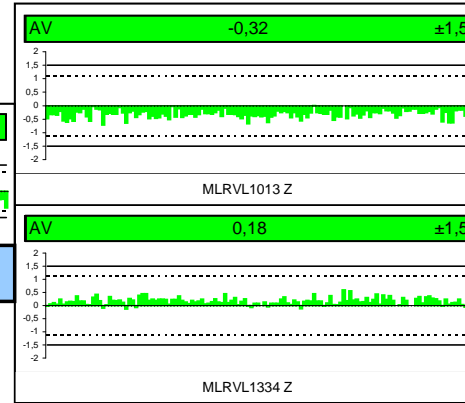
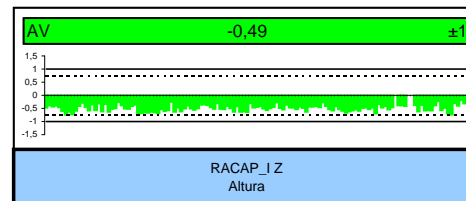
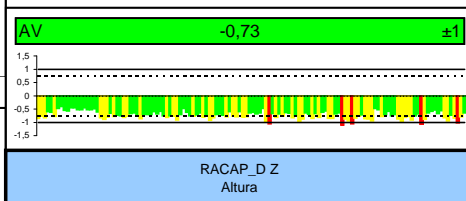
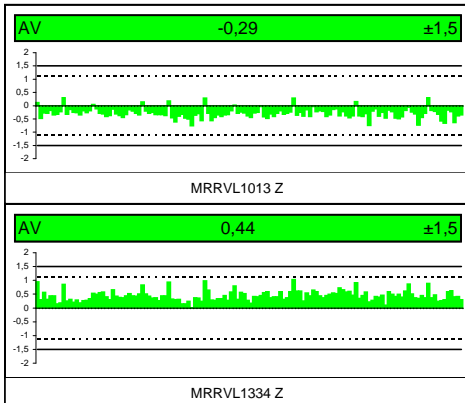
Anzahl: 130

von: 30/5/14 6:03

bis: 30/5/14 13:49



Multi-Trend



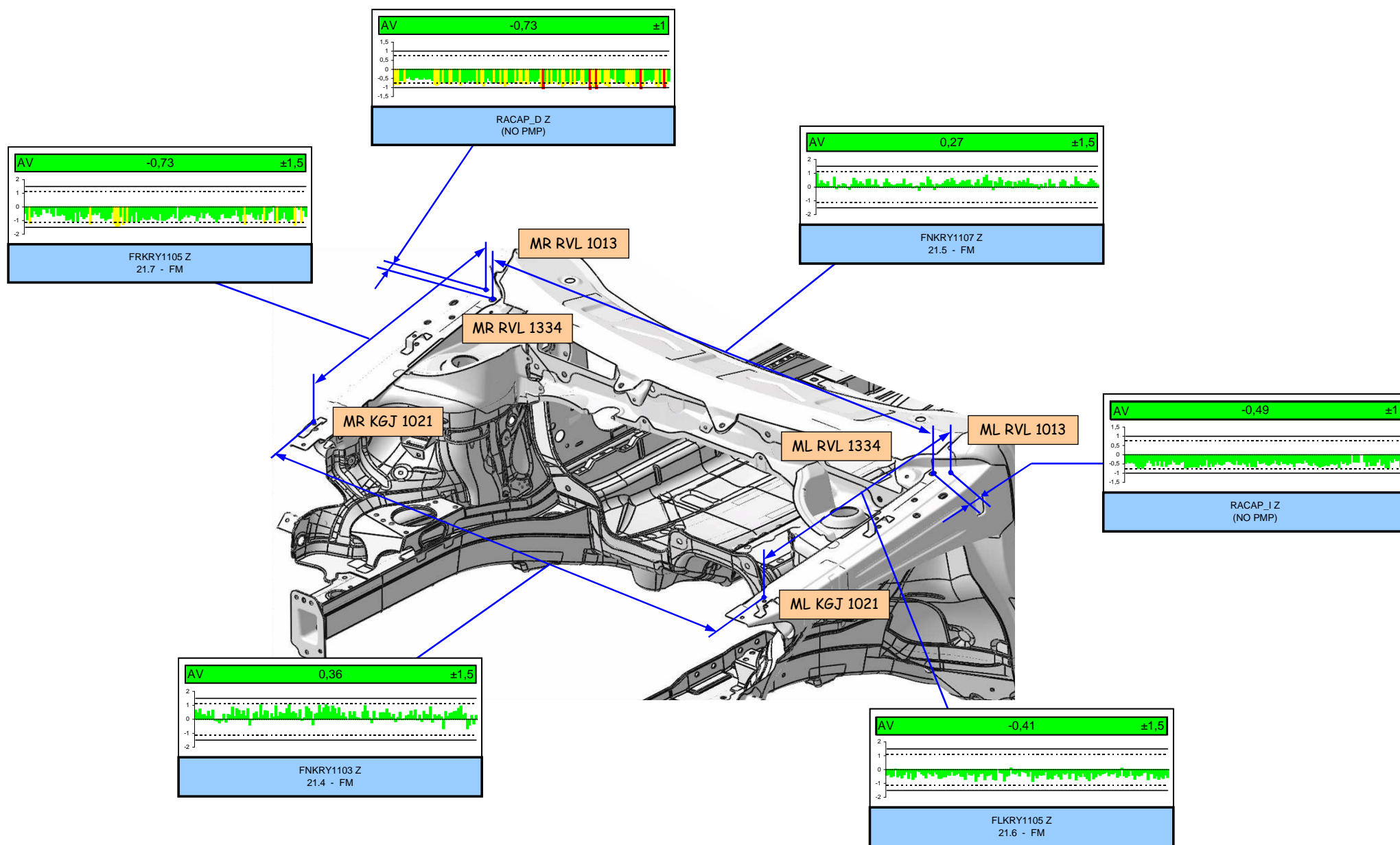


Abteilung

Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

PERCEPTRON Capó-Aletas - 4P F1

Kennnr: alle
Bemi2:Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: allelfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49



Abteilung

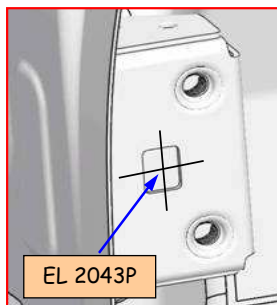
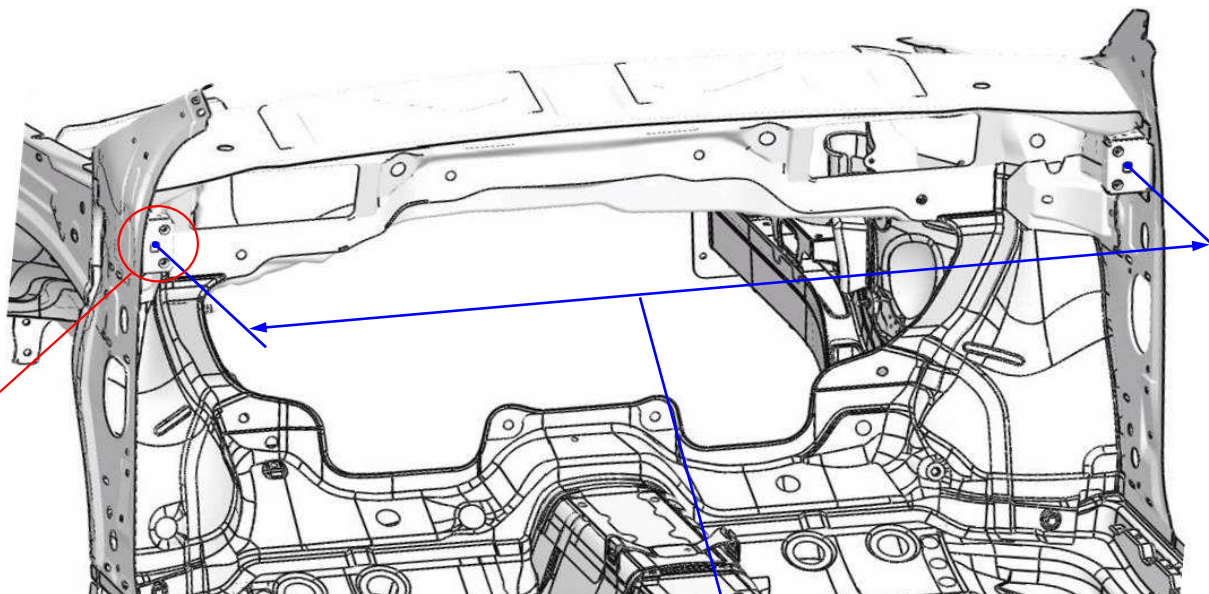
Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

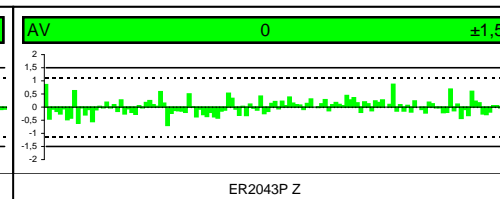
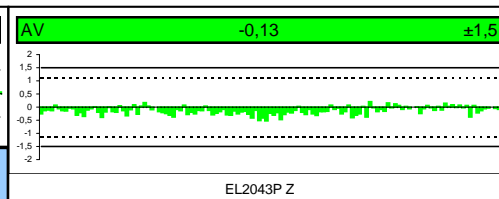
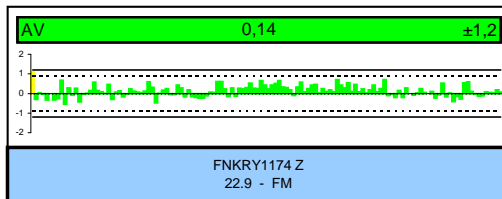
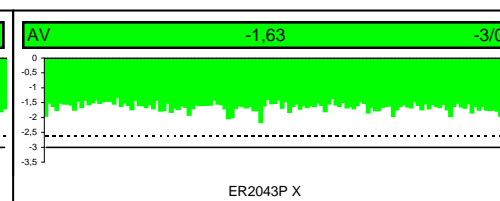
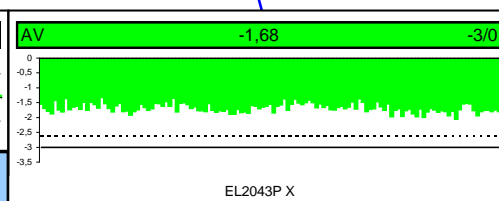
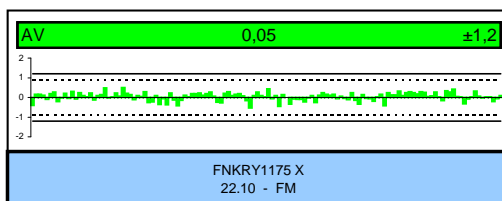
PERCEPTRON Soporte Cockpit - 4P F1

Kennnr: alle
Bem2:Memi: alle
Bem1: F1
Verdichten: nein
SKID: allelfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49

Multi-Trend



EL 2043P





Abteilung

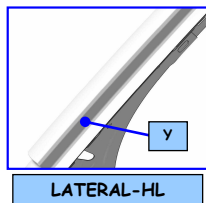
Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

PERCEPTRON Hueco Luna - 4P F1

Kennnr: alle
Bemi2:Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: allelfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49

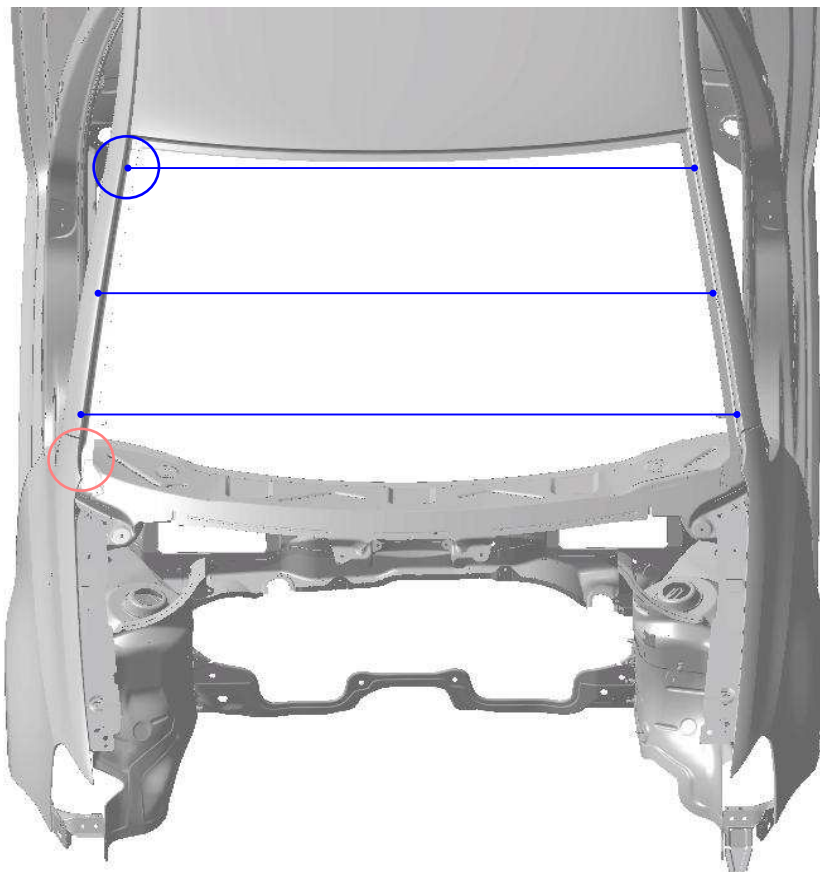
Multi-Trend



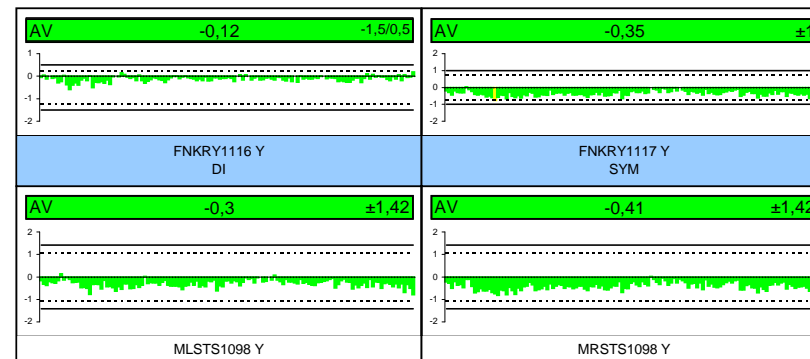
HL 10

HL 8

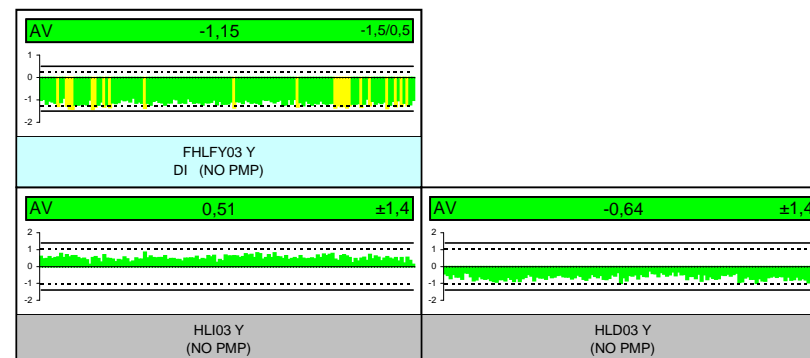
HL 6



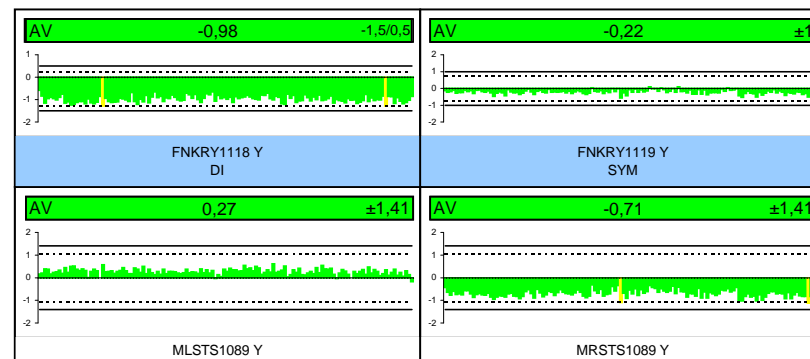
HL 10



HL 8



HL 6





Departamento curso

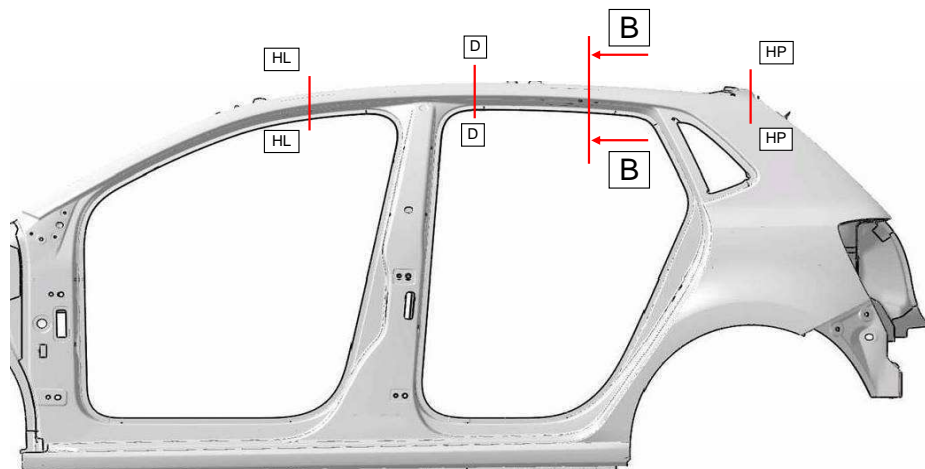
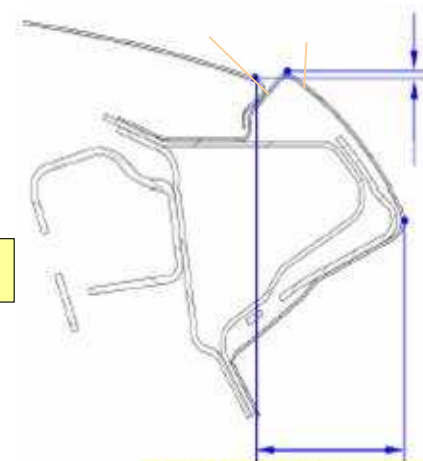
Pieza/Modelo 6R4800701

Etiqueta

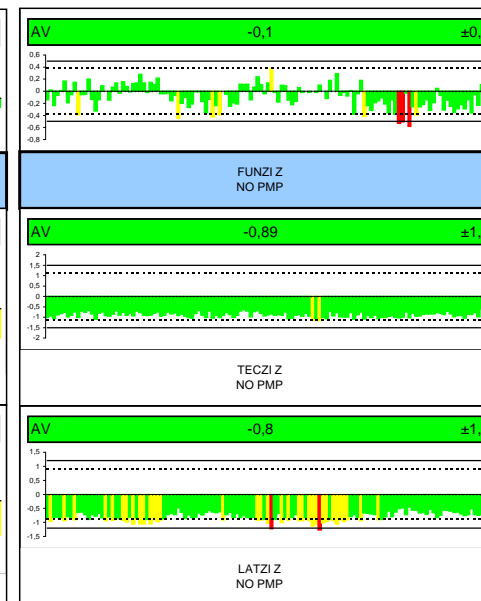
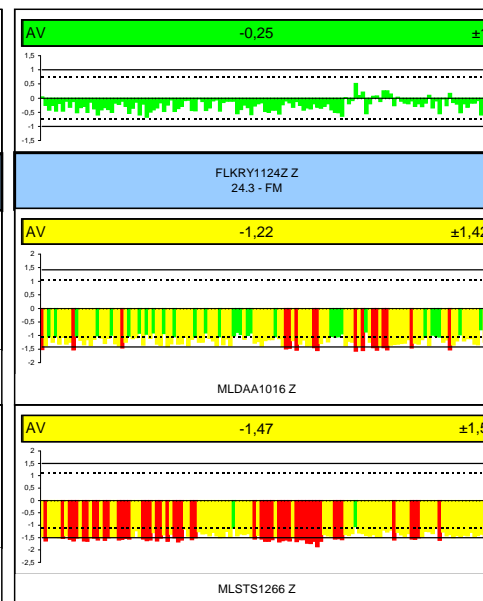
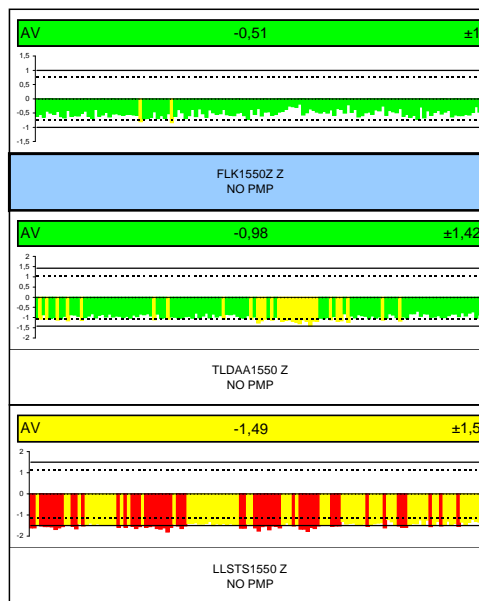
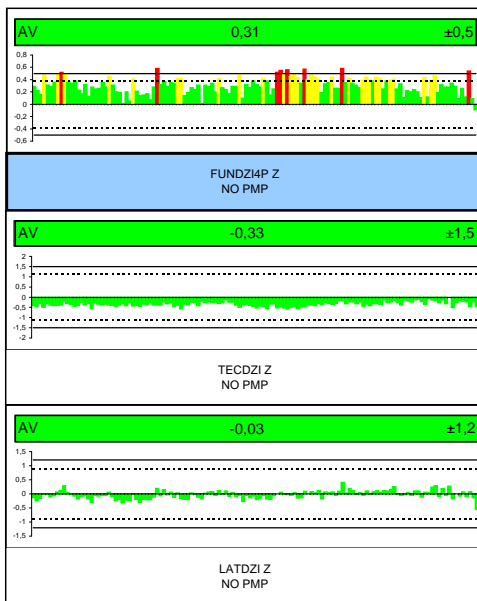
PERCEPTRON Secciones Techo-Lat.Izdo. - 4P F1

ID number
Origen2:
Origen3:
Origen4:

Todo

CMM:
Origen:
Condensado
Fixture:Todo
F1
no
TodoNumero de se
Numero: 130
desde: 30/5/14 6:03
a: 30/5/14 13:49Schnitt HL-HL
X = 919Schnitt D-D = Δ (40,98mm)
X = 1550Schnitt B-B = Δ (49,67mm)
X = 1900,65Schnitt HP-HP
X = 2450

Secciones Lateral Izquierdo - Techo

Schnitt HL-HL
X = 919Schnitt D-D
X = 1550Schnitt B-B
X = 1900,65Schnitt HP-HP
X = 2450

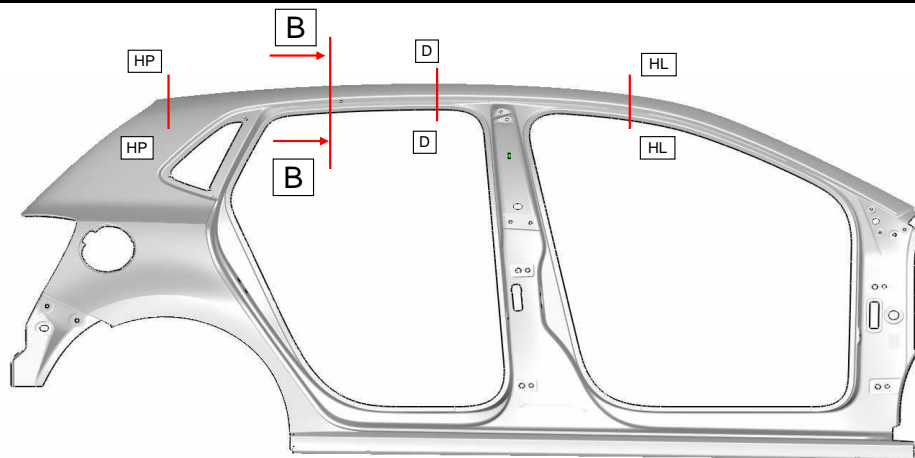


Departamento curso

Pieza/Modelo 6R4800701

Etiqueta

PERCEPTRON Sección Techo-Lat. Dcho. - 4P F1

ID number
Origen2:
Origen3:
Origen4:CMM: Todo
Origen: F1
Condensado no
Fixture: TodoNumero de se Todo
Numero: 130
desde: 30/5/14 6:03
a: 30/5/14 13:49

Schnitt HL-HL
X = 919,

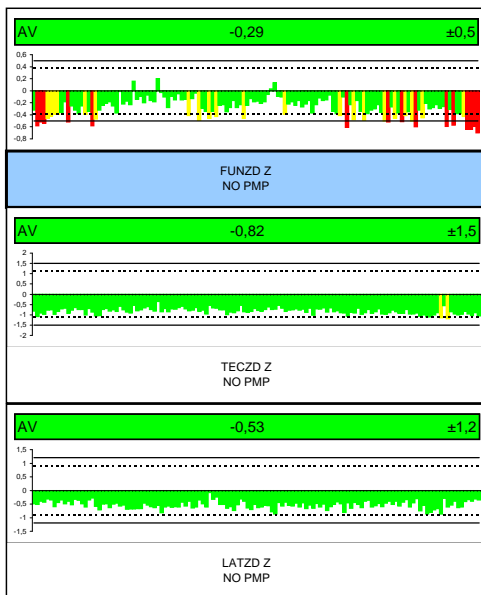
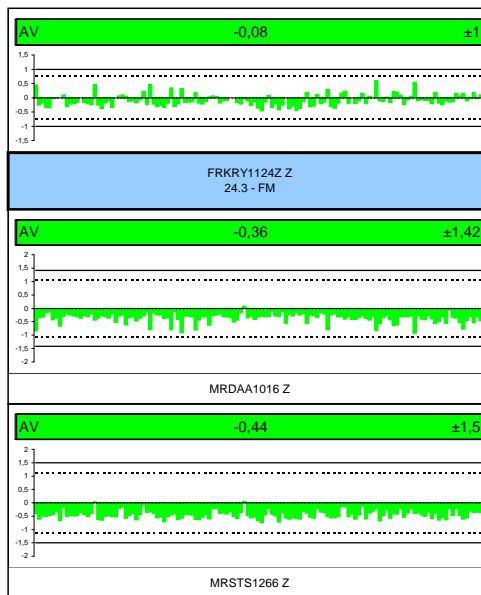
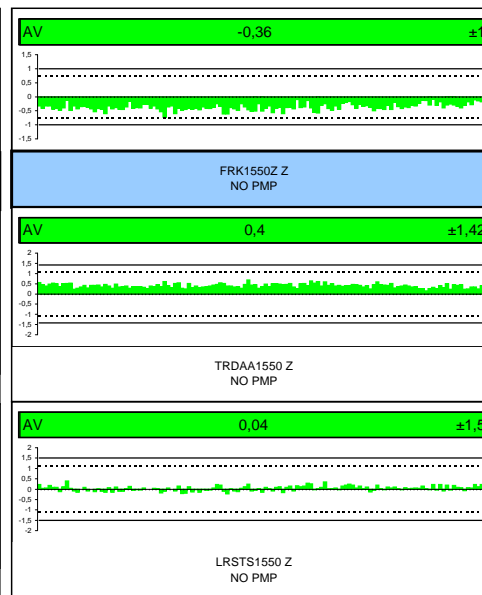
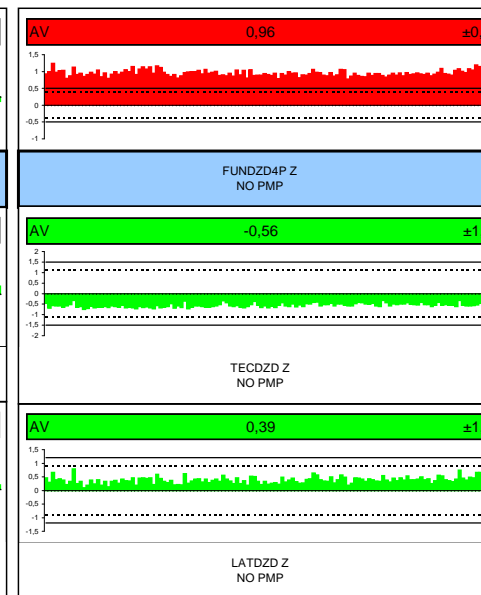
Schnitt D-D = Δ (40,98mm)
X = 1550

Schnitt B-B = Δ (49,67mm)
X = 1900,65

Schnitt H-H
X = 2450



Secciones Lateral Derecho - Techo

Schnitt HP-HP
X = 2450Schnitt B-B
X = 1900,65Schnitt D-D
X = 1550Schnitt HL-HL
X = 919



Abteilung

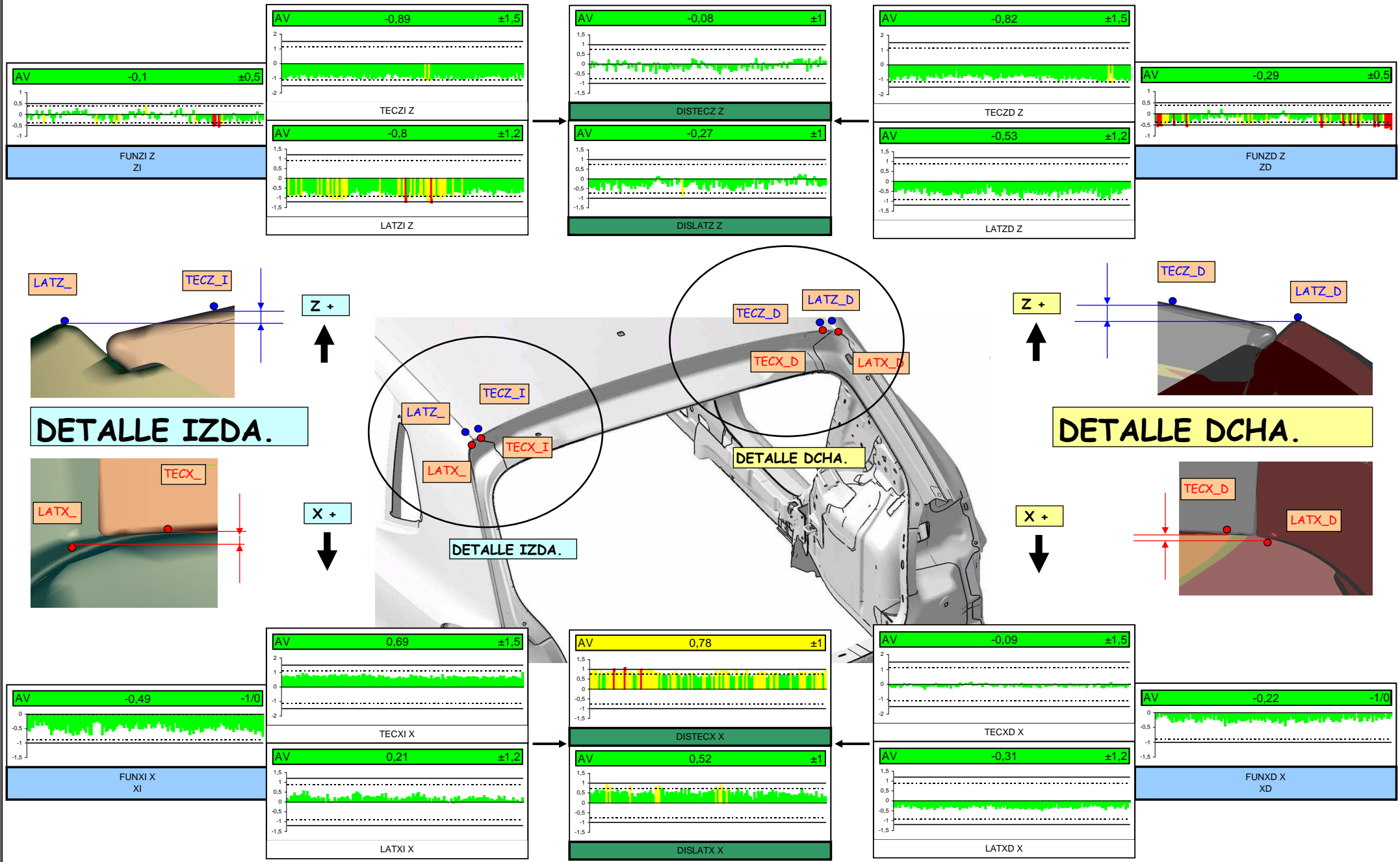
Teil/Sorte: 6R4800701

Bezeichnung

PERCEPTRON Situación Techo-lateral - 4P F1

Kennnr: alle
Bemi2:Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: allelfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49

Multi-Trend



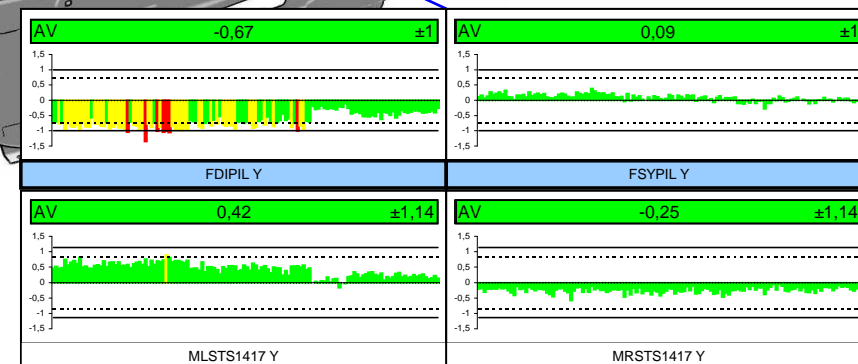
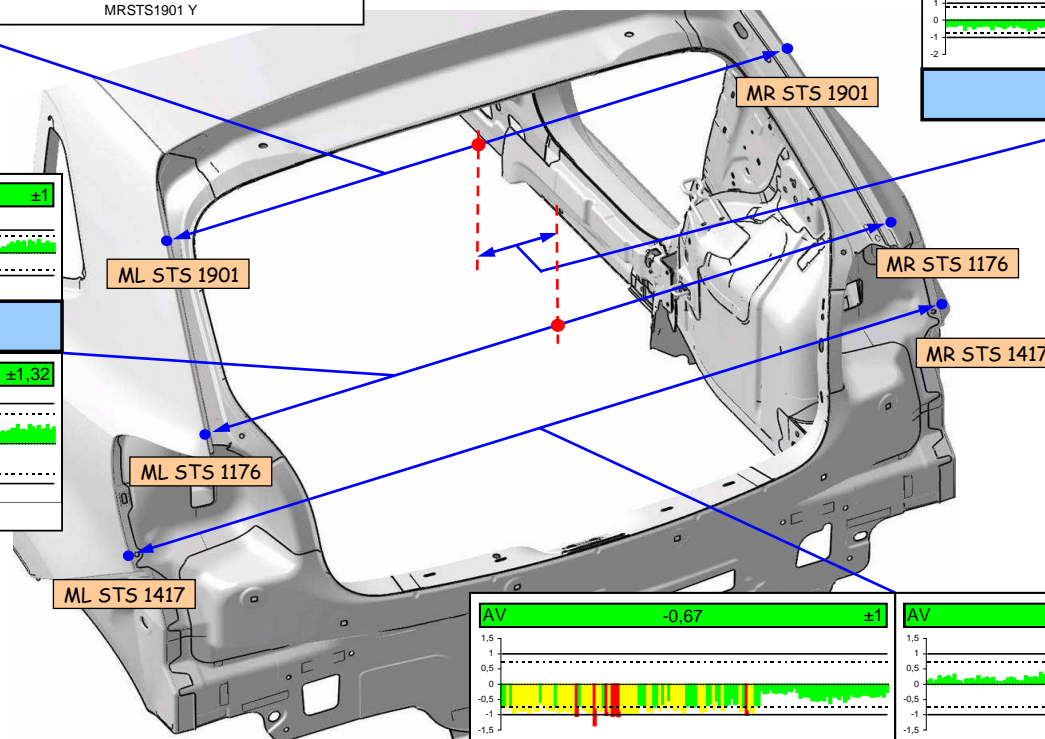
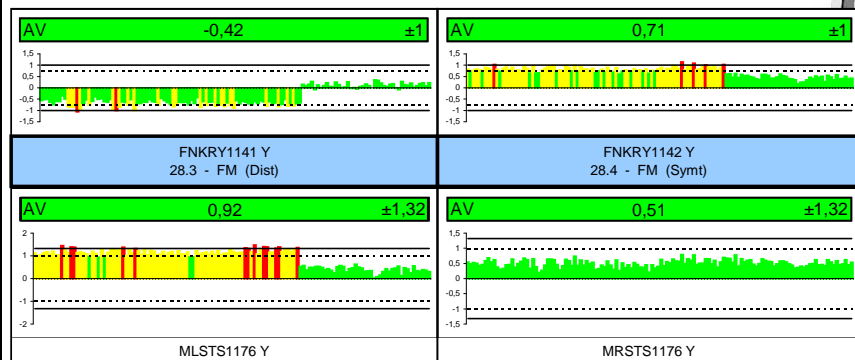
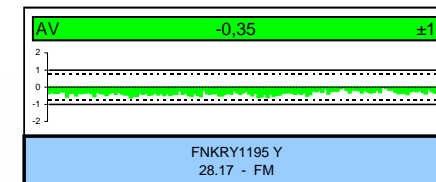
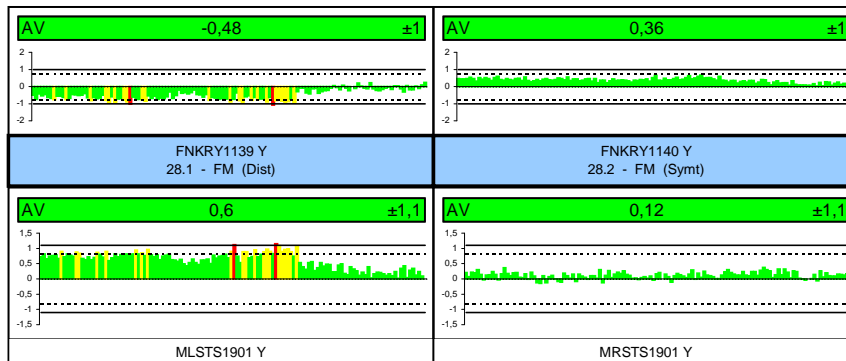


Teil/Sorte: 6R4800701
Bezeichnung

PERCEPTRON Hueco Portón - 4P F1

Kennnr:	alle	Memi:	alle	lfd. Nr.:	alle
Bemi2:		Bemi:	F1	Anzahl:	130
		Verdichten:	nein	von:	30/5/14 6:03
		SKID:	alle	bis:	30/5/14 13:49

Multi-Trend

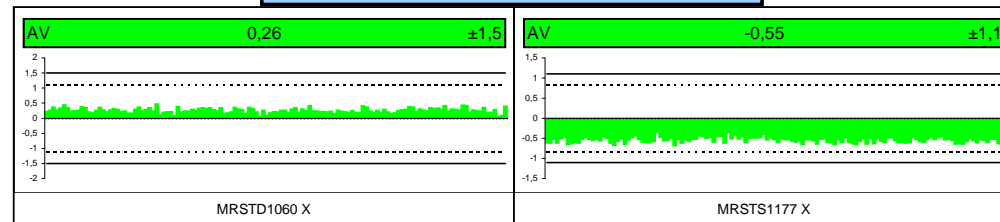
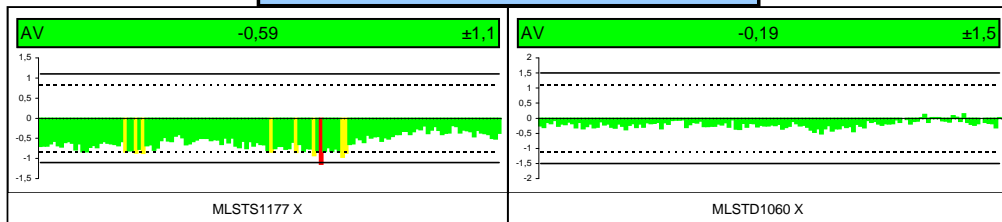
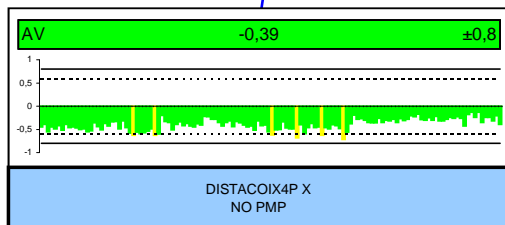
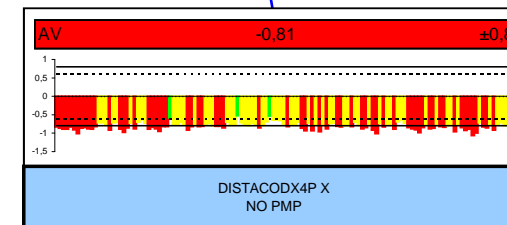
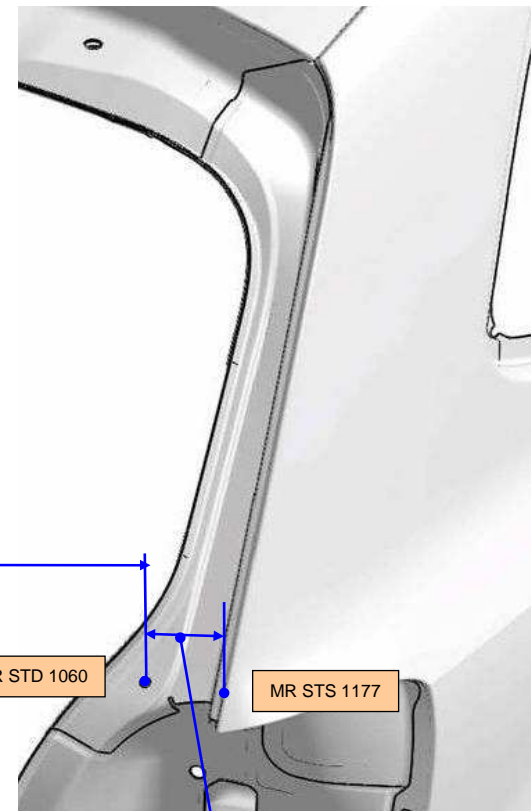
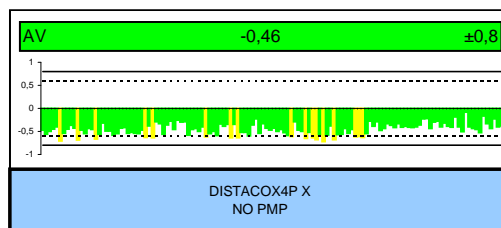
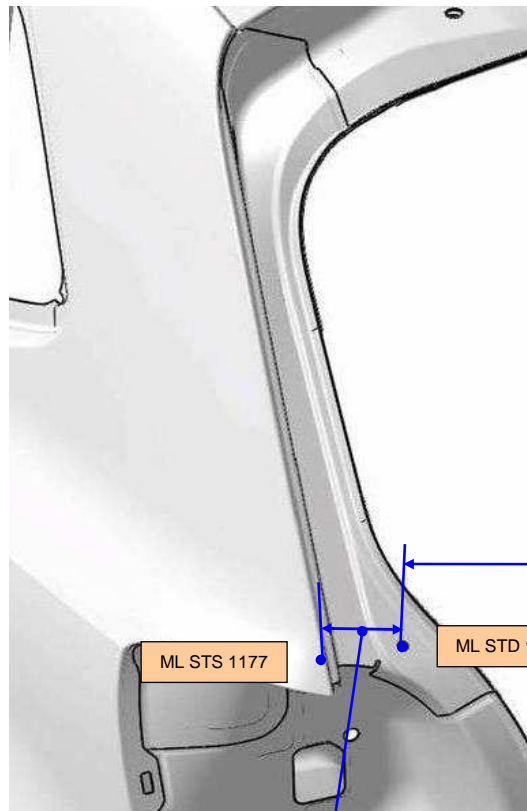




Abteilung	
Teil/Sorte:	6R4800701
Bezeichnung	

PERCEPTRON DISTACO - 4P F1

Kennnr:	alle	Memi:	alle	lfd. Nr.:	alle
Bemi2:		Bemi:	F1	Anzahl:	130
		Verdichten:	nein	von:	30/5/14 6:03
		SKID:	alle	bis:	30/5/14 13:49

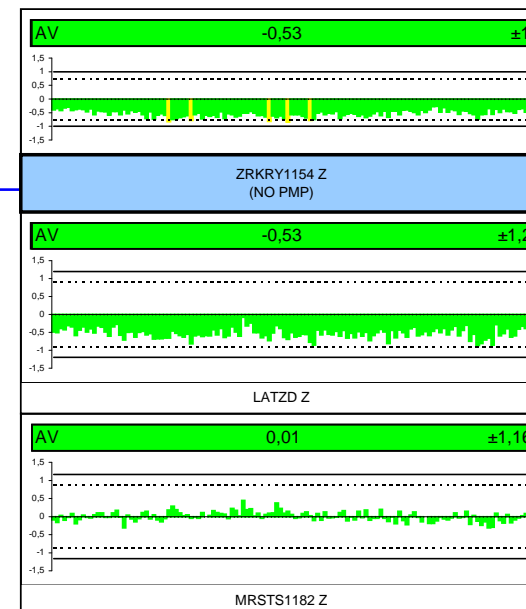
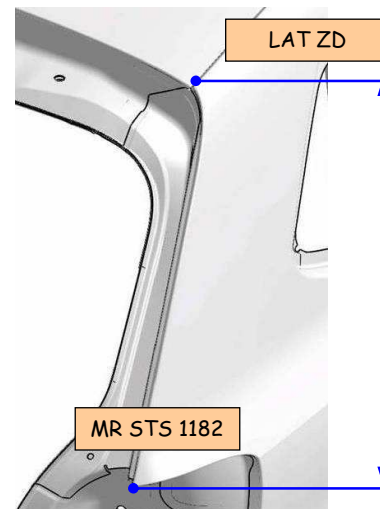
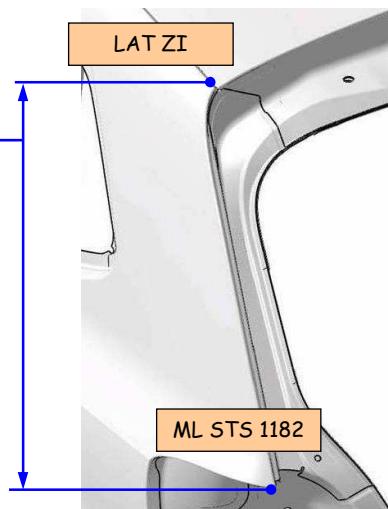
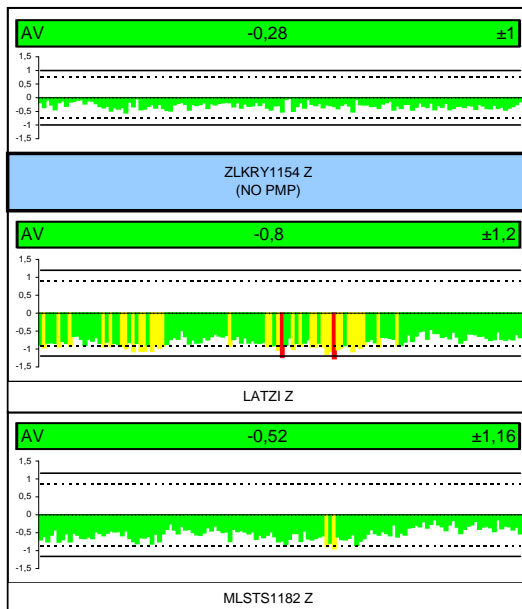




Abteilung
Teil/Sorte: 6R4800701
Bezeichnung

PERCEPTRON Pilotos - 4P F1

Kennnr: alle
Bemi2:
Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: alle
Ifd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49

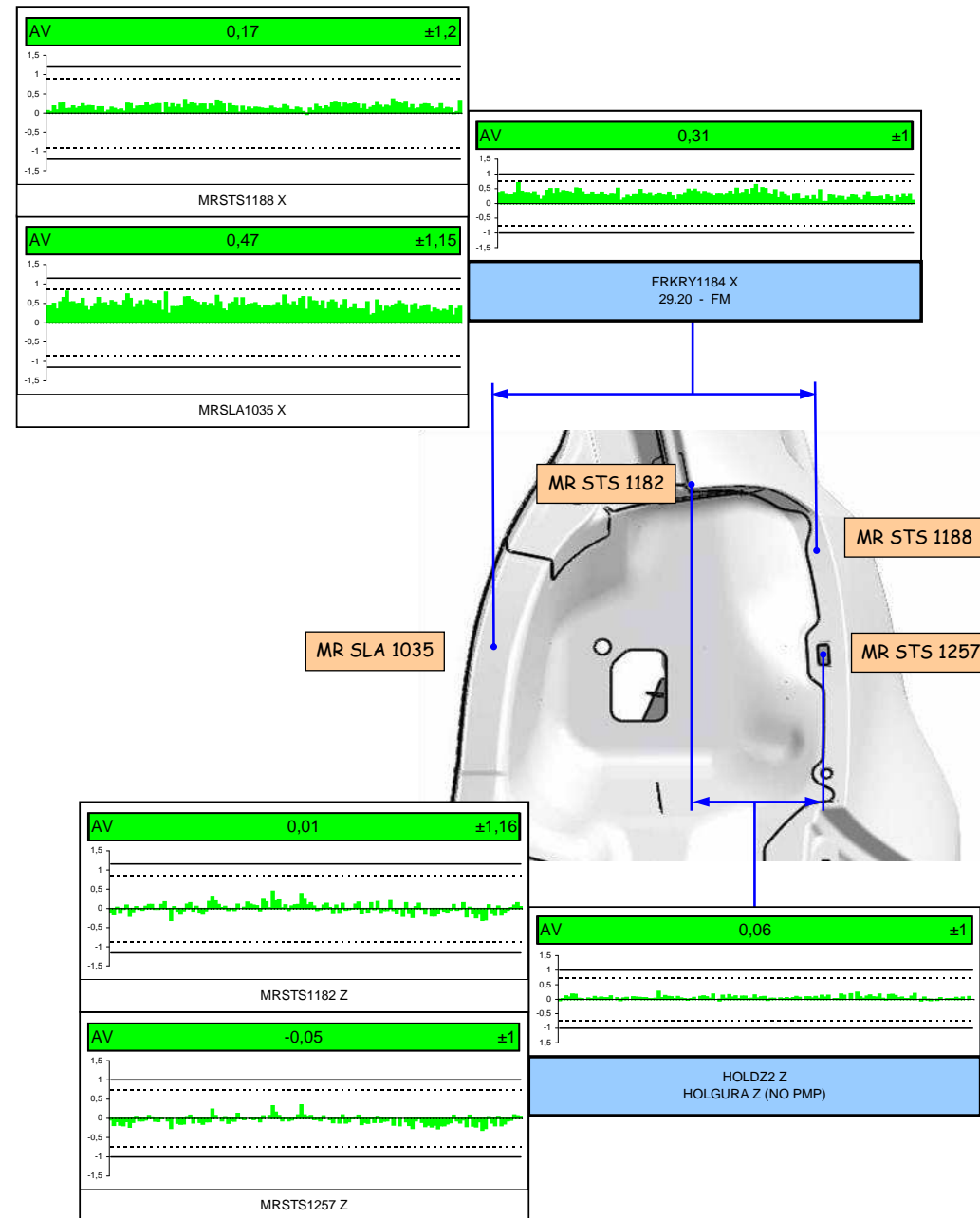
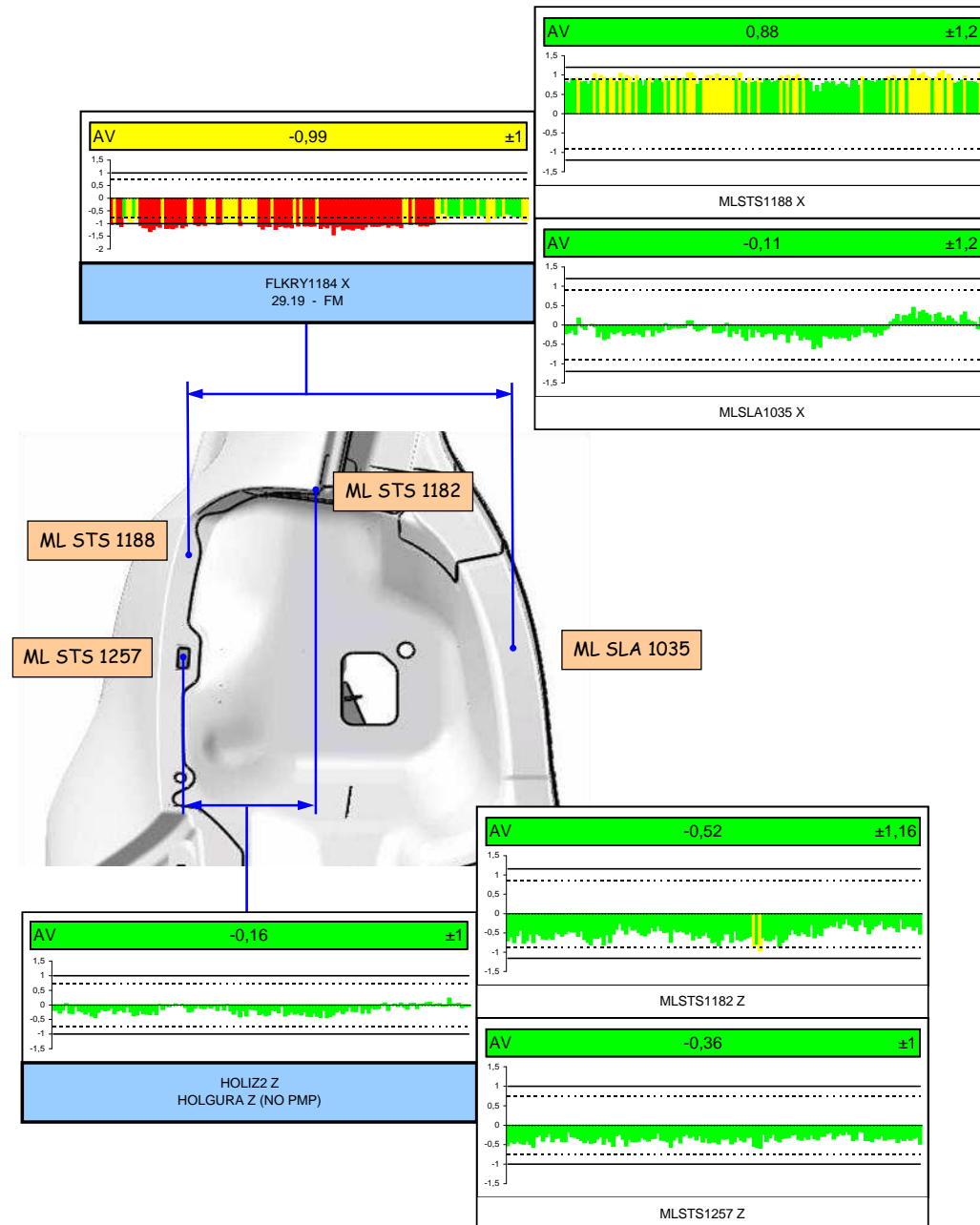




Abteilung
Teil/Sorte: 6R4800701
Bezeichnung

PERCEPTRON Pilotos - 4P F1

Kennnr: alle
Bemi2:
Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: alle
lfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49



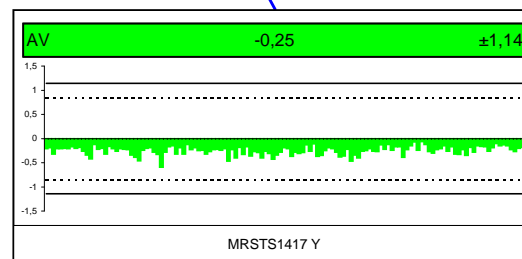
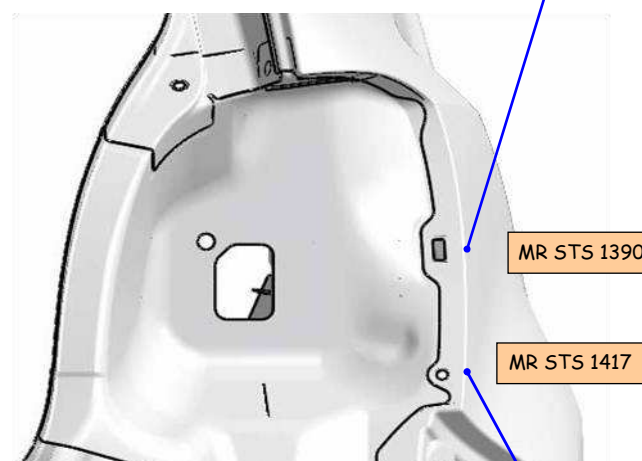
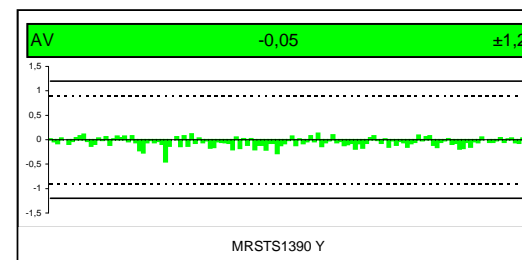
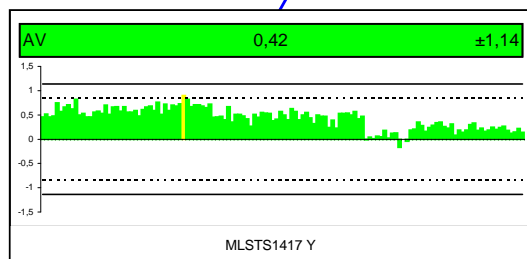
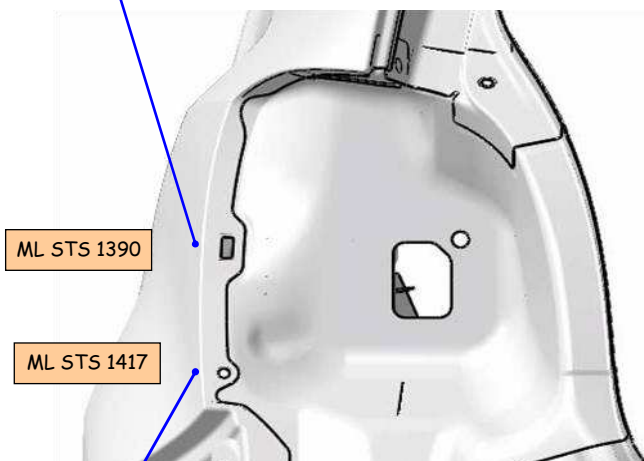
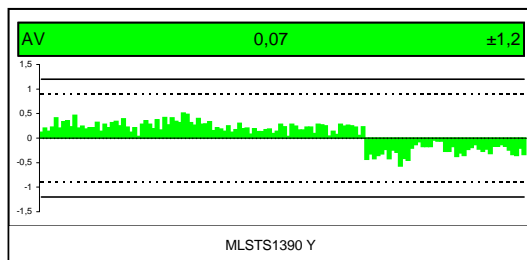


Abteilung

Teil/Sorte: 6R4800701

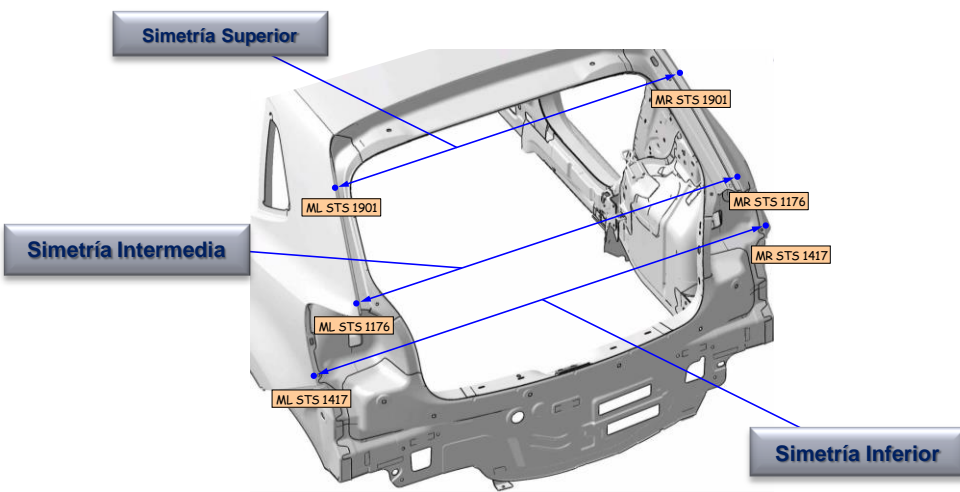
Bezeichnung

PERCEPTRON Pilotos - 4P F1

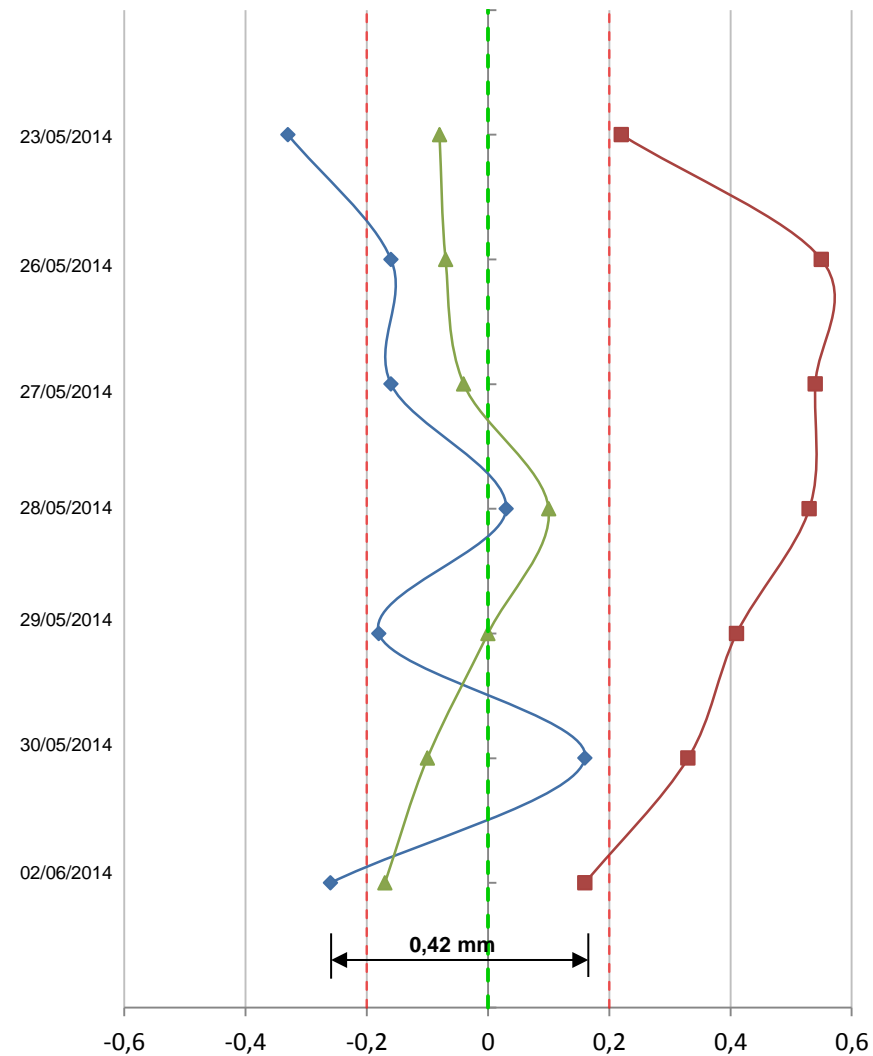
Kennnr: alle
Bemi2:Memi: alle
Bemi: F1
Verdichten: nein
SKID: allelfd. Nr.: alle
Anzahl: 130
von: 30/5/14 6:03
bis: 30/5/14 13:49

CAPÍTULO 8: Culebras

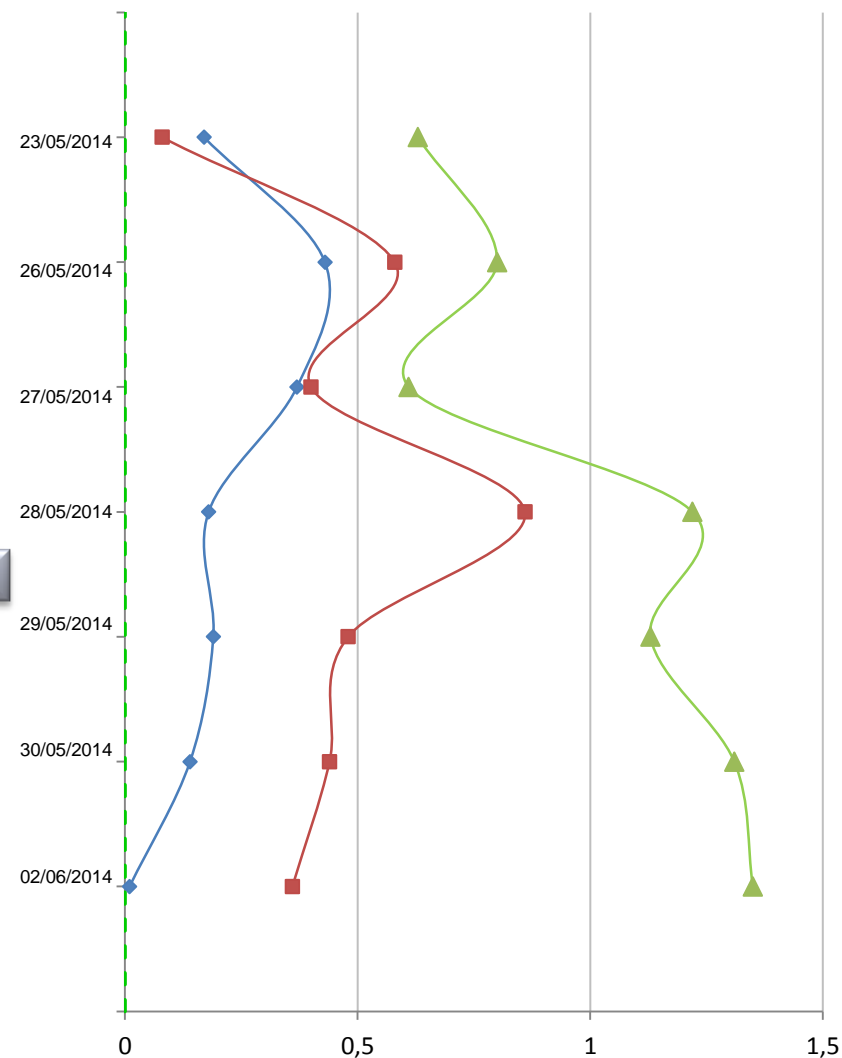
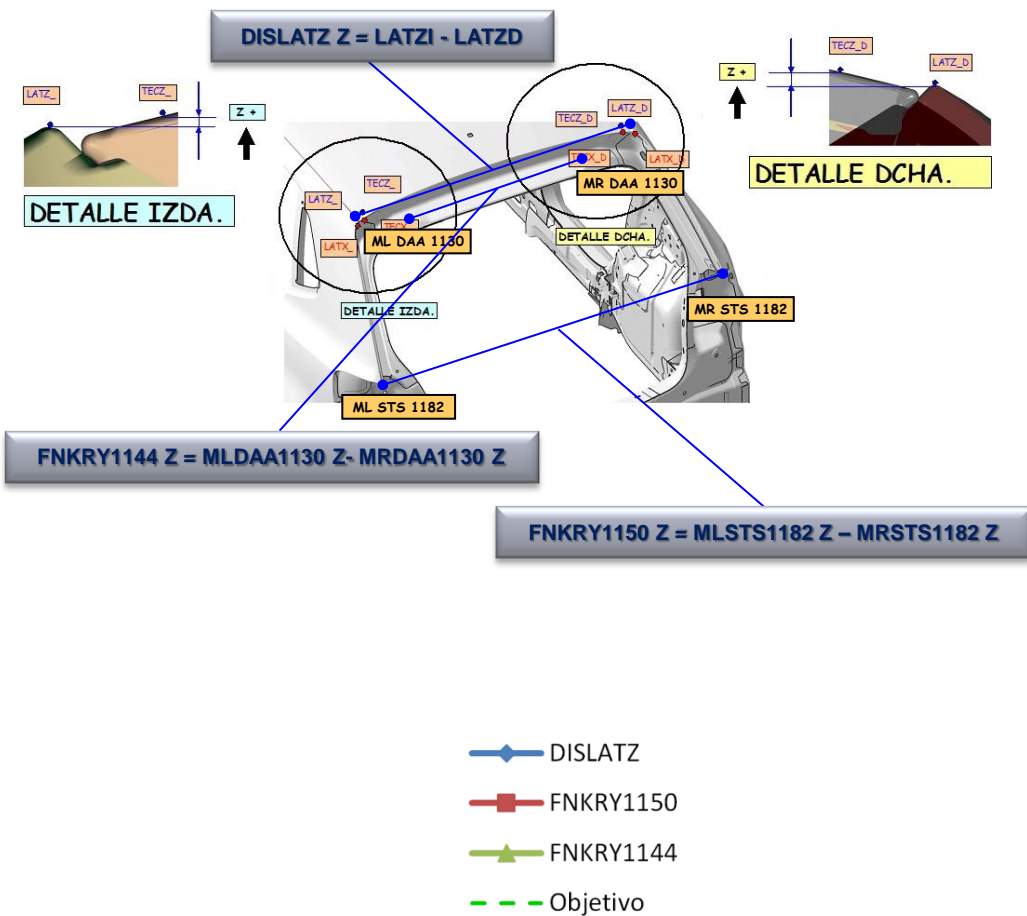
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 2P F1



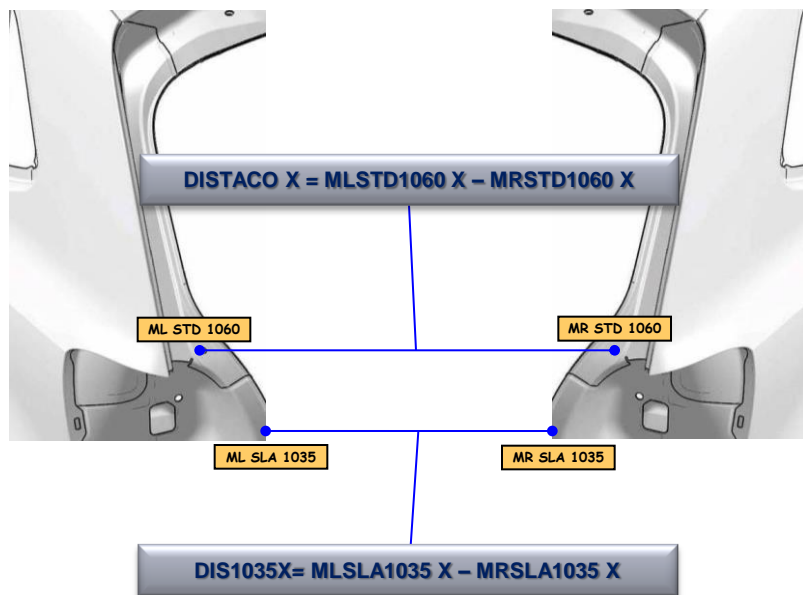
- ◆— Simetría Superior
- Simetría Intermedia
- ▲— Simetría Inferior
- - - Objetivo
- - - Tolerancia



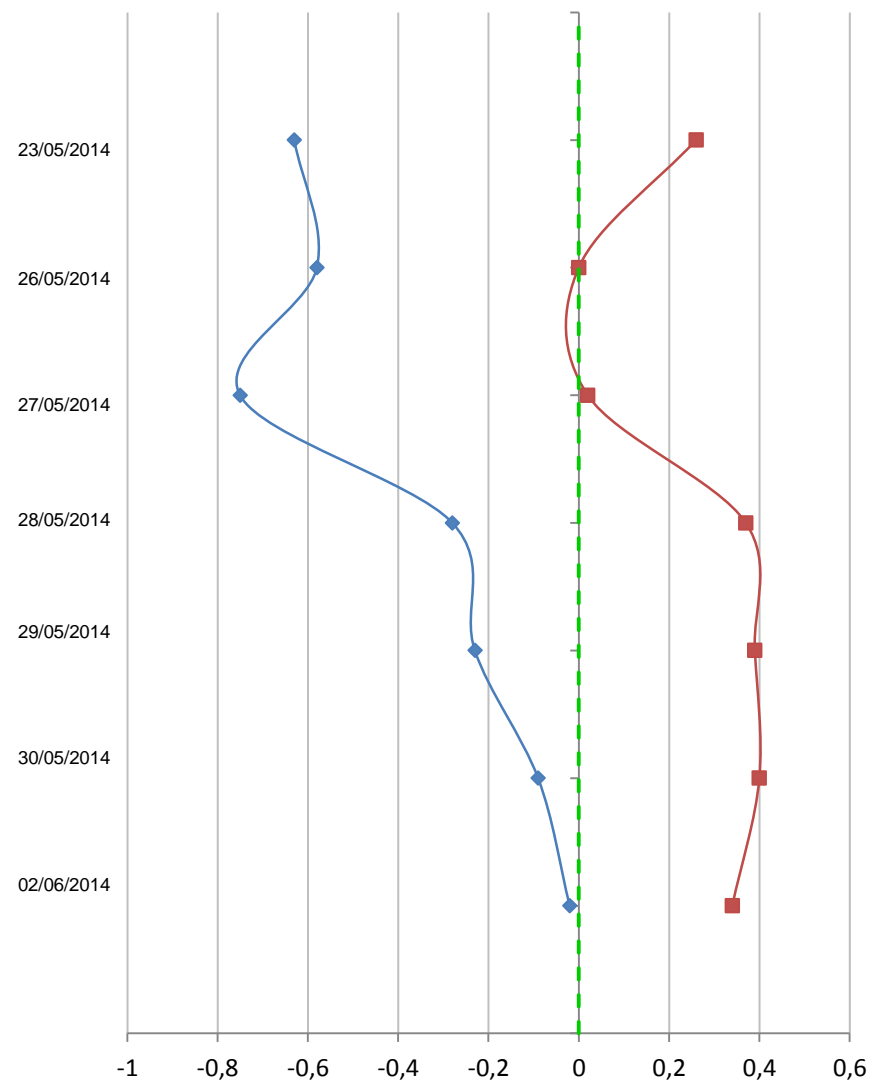
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 2P F1



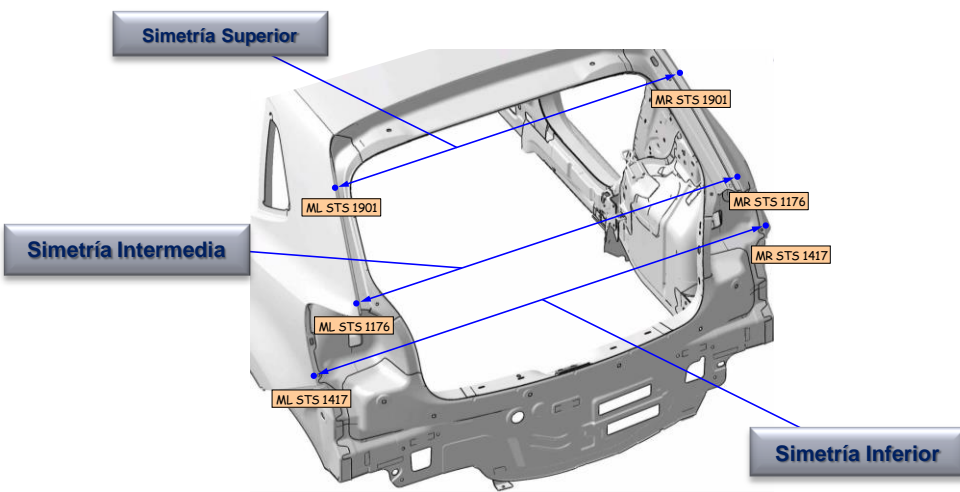
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 2P F1



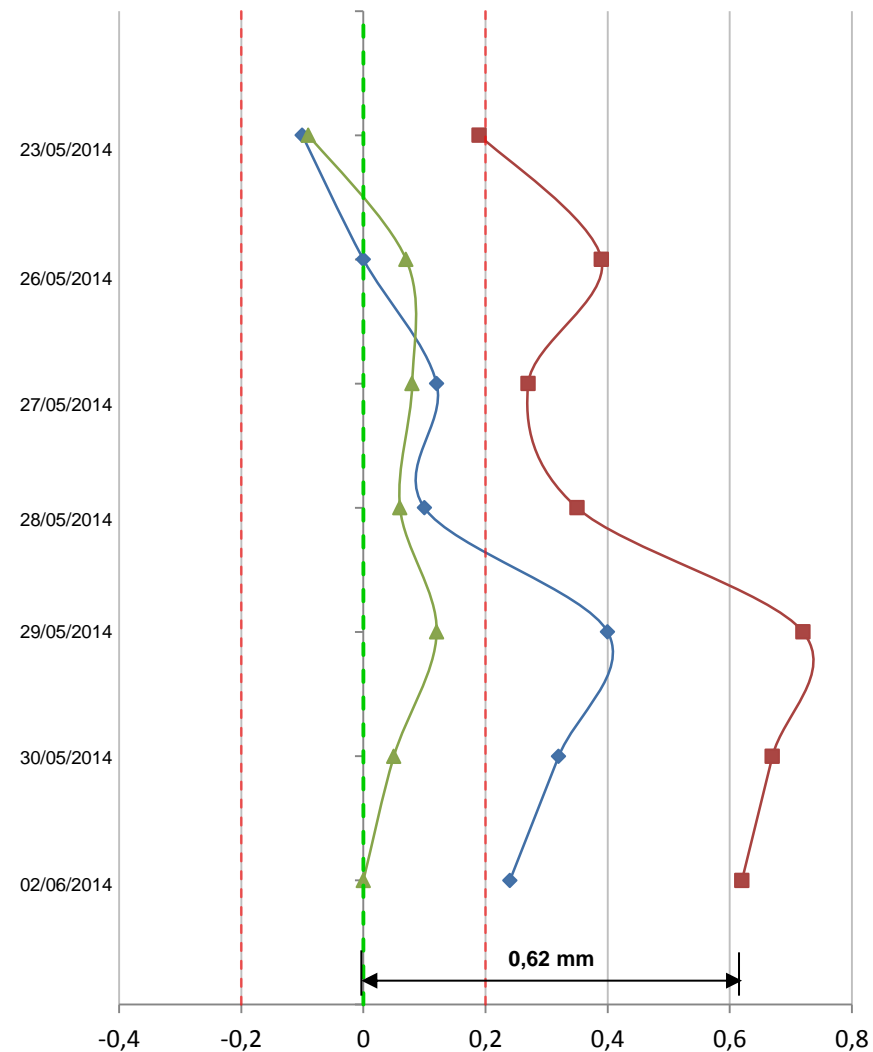
◆ DIS1035X
 ■ DISTACO X
 - - - Objetivo



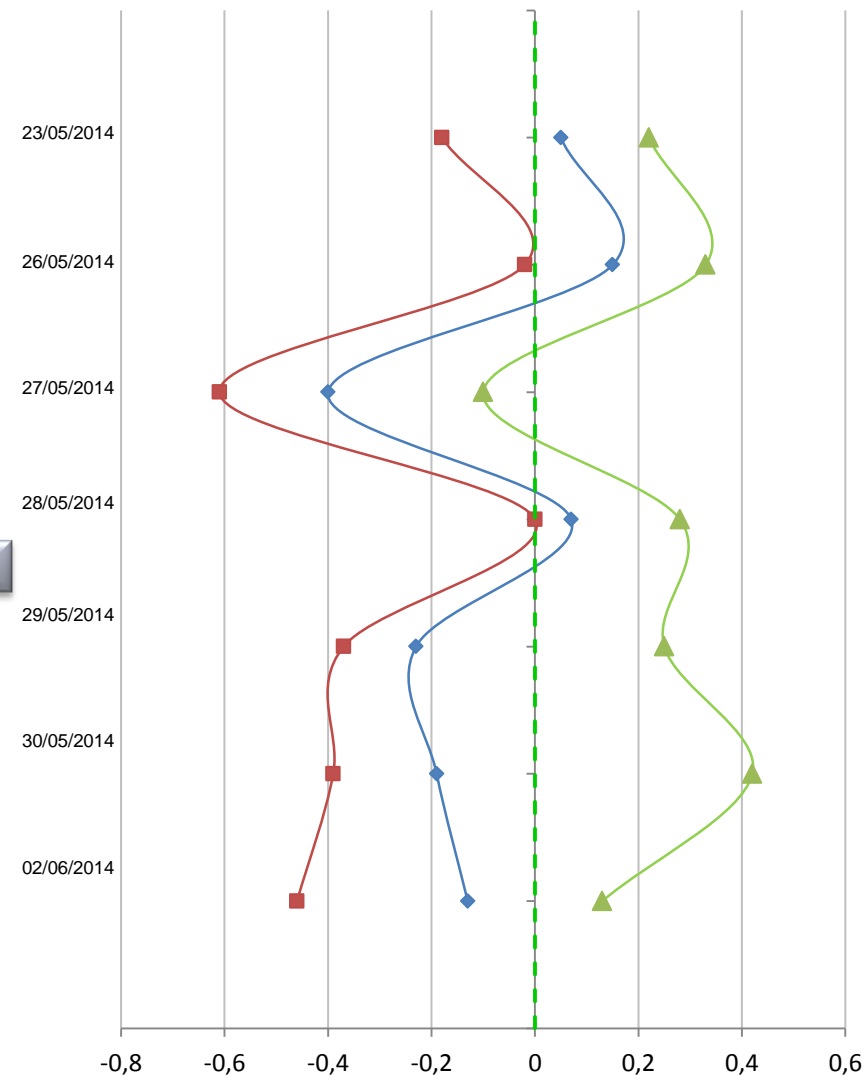
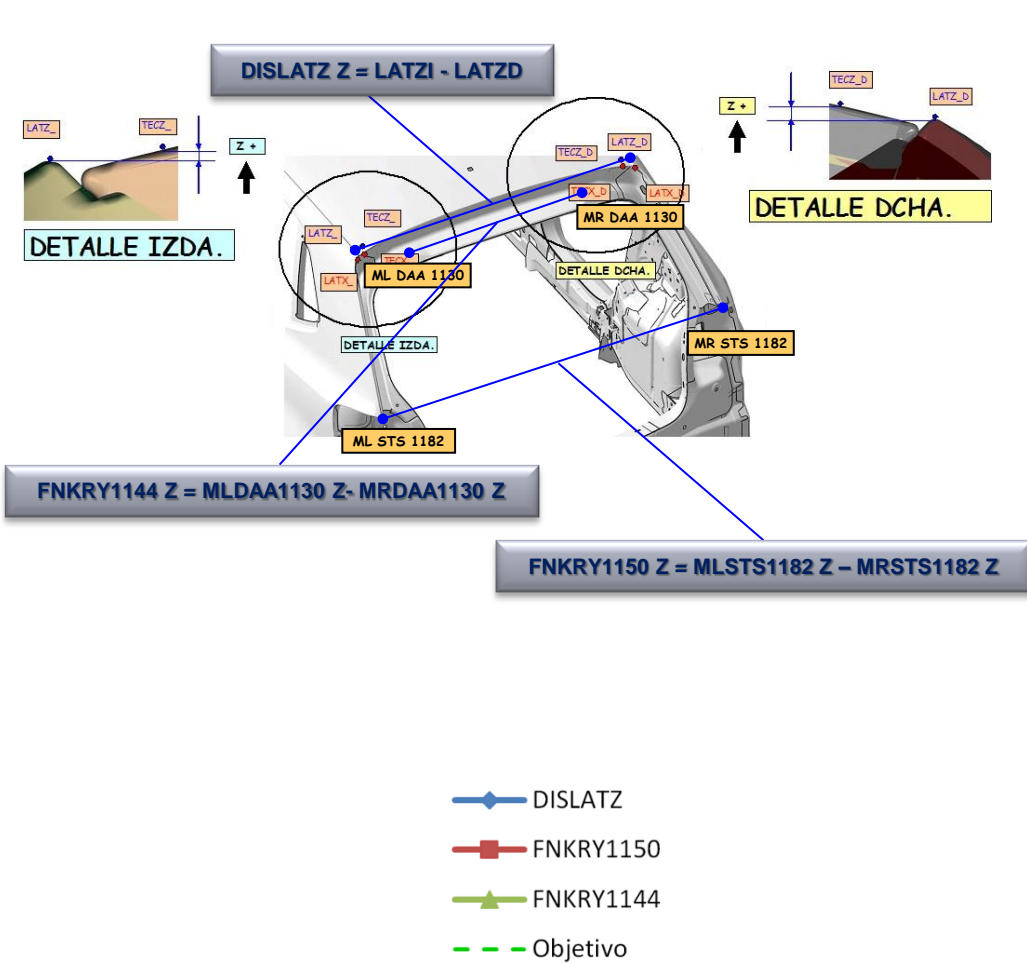
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F1



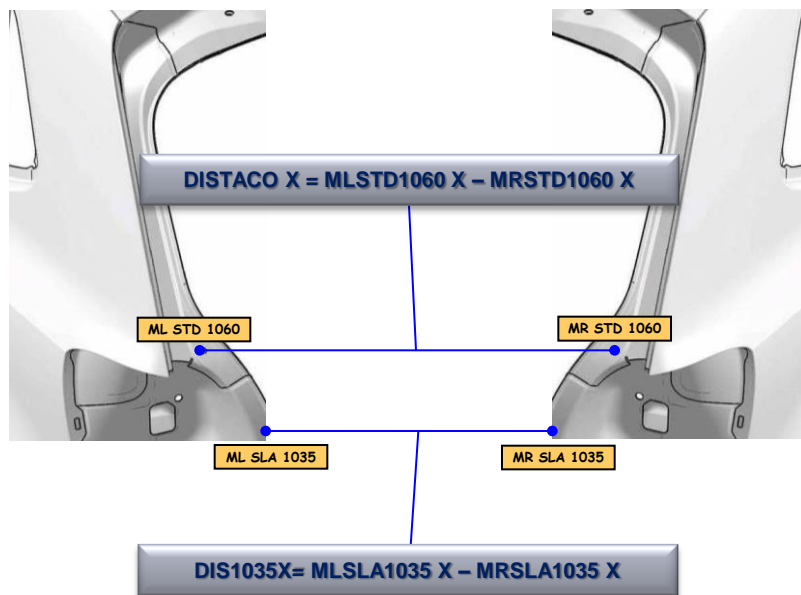
- ◆— Simetría Superior
- Simetría Intermedia
- ▲— Simetría Inferior
- - - Objetivo
- - - Tolerancia



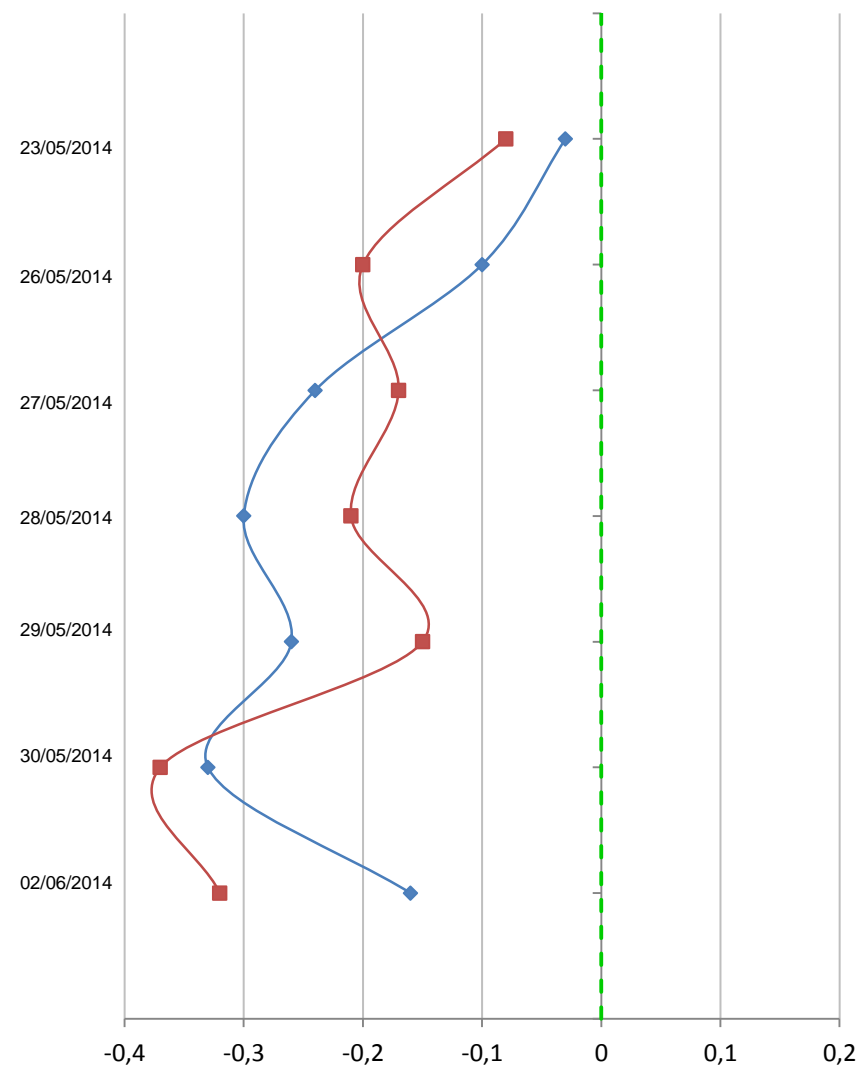
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F1



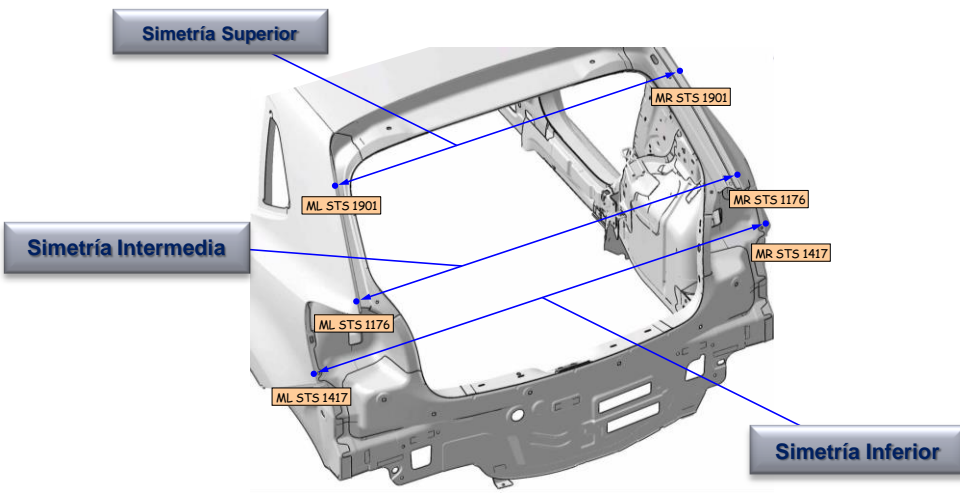
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F1



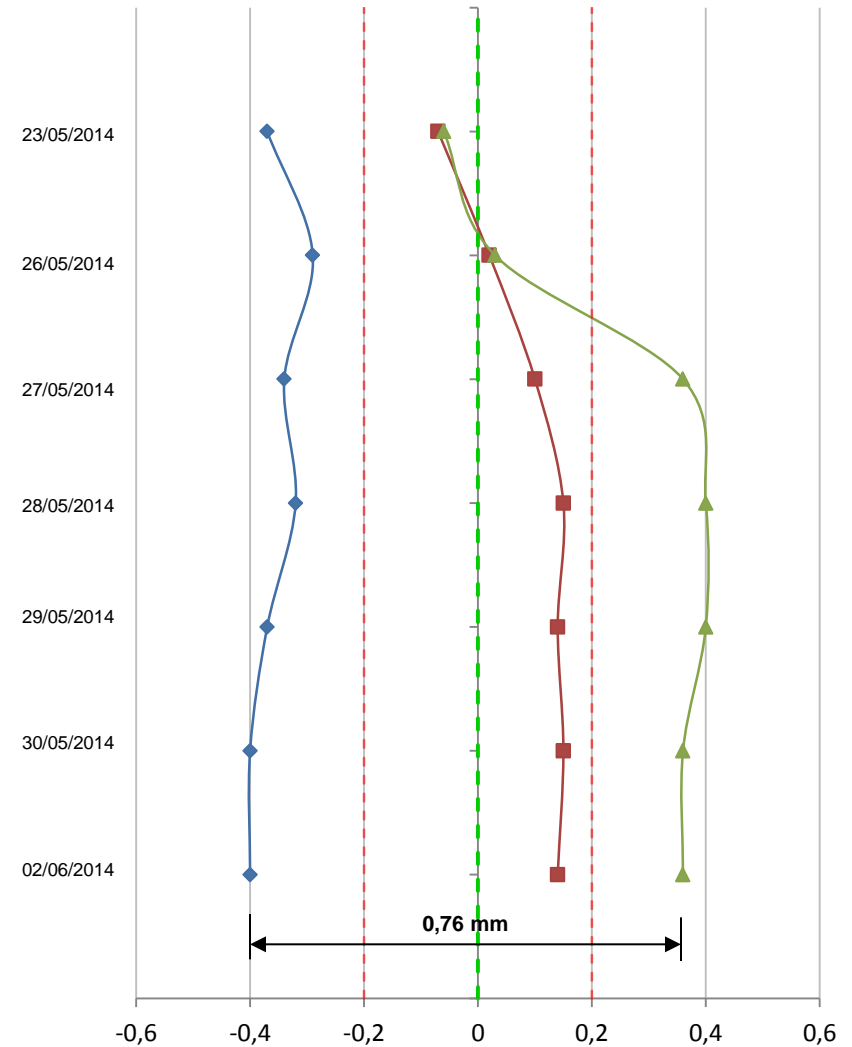
◆ DIS1035X
■ DISTACO X
- - - Objetivo



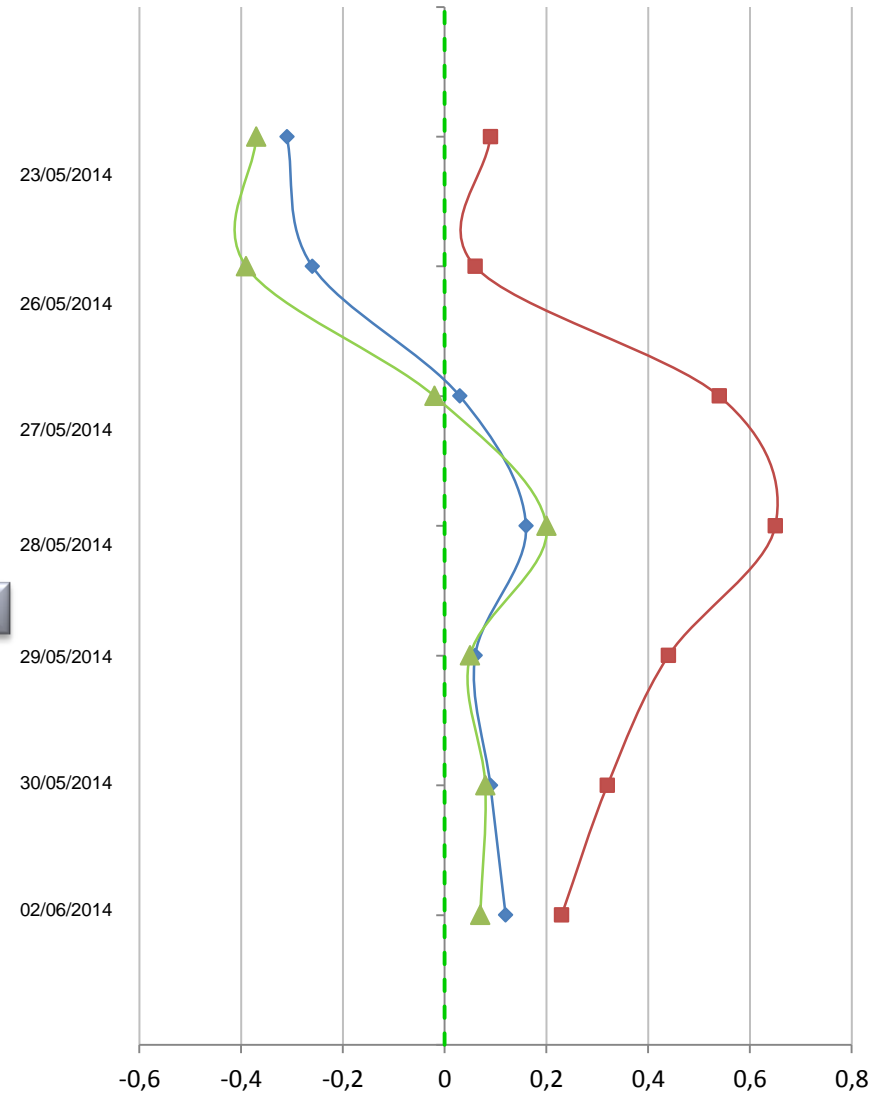
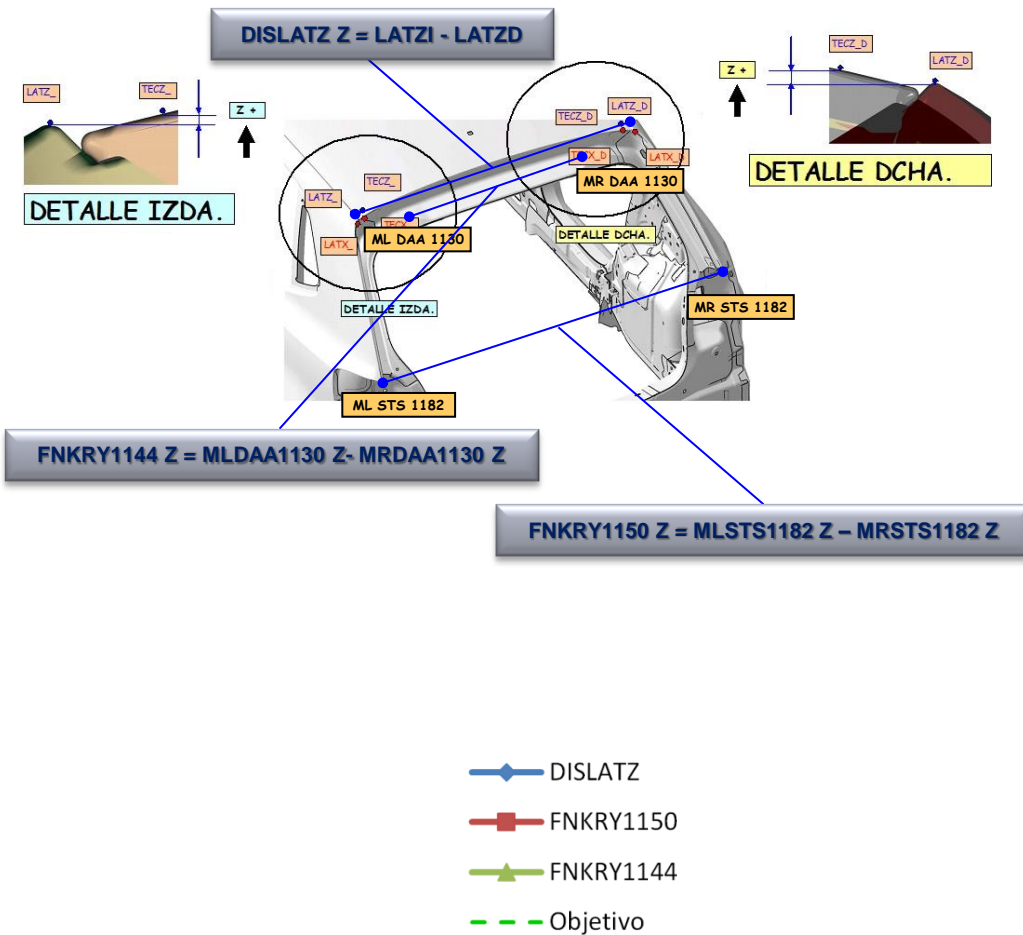
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F2



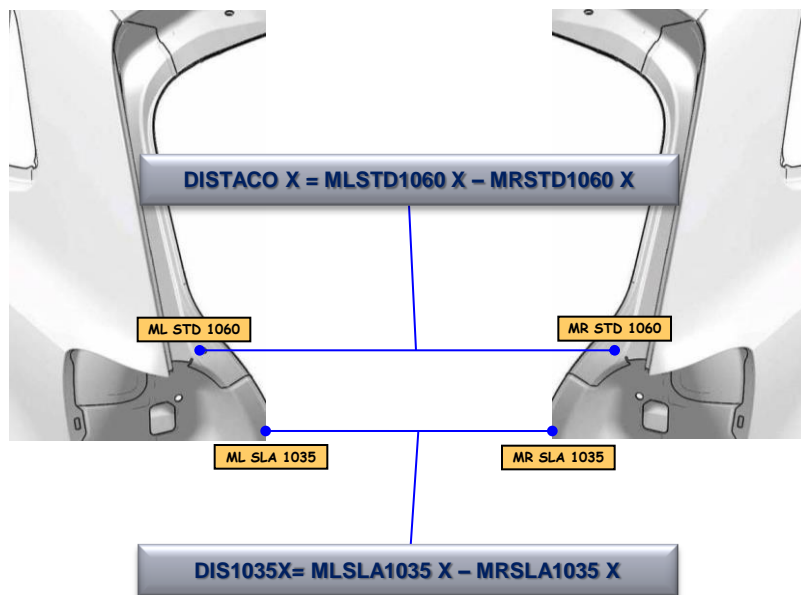
- ◆— Simetría Superior
- Simetría Intermedia
- ▲— Simetría Inferior
- - - Objetivo
- - - Tolerancia



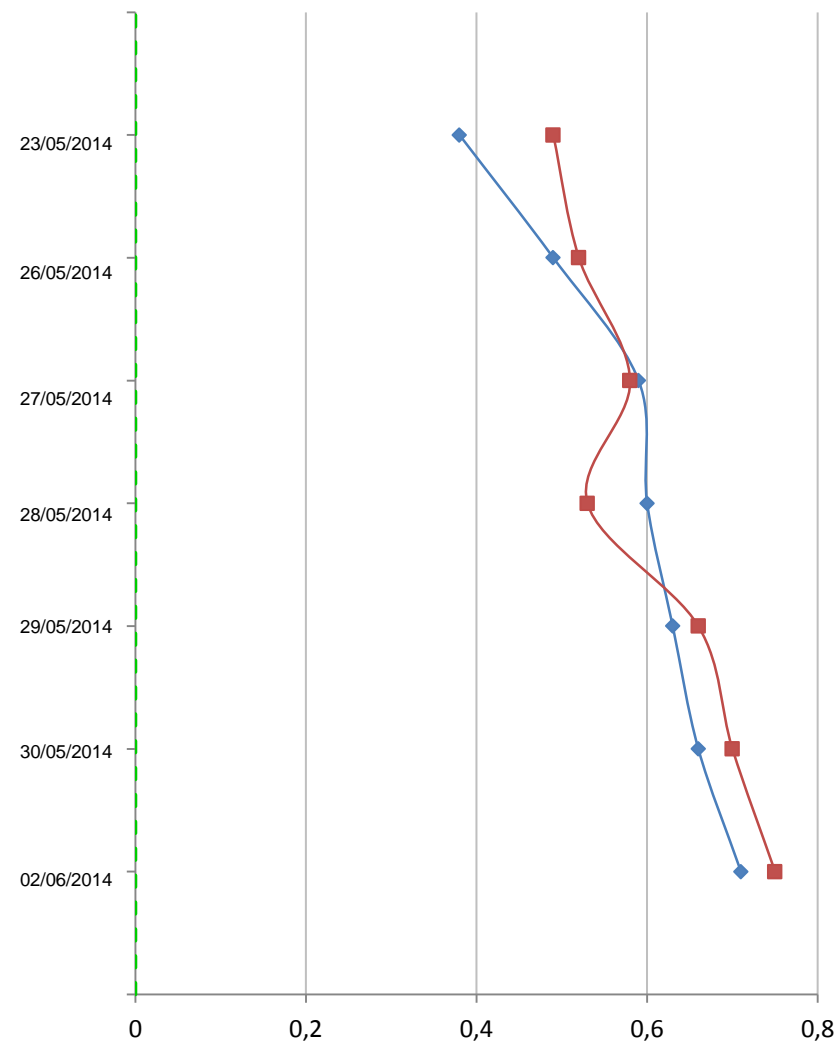
CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F2



CULEBRAS AJUSTE PORTÓN 4P F2



—◆— DIS1035X
—■— DISTACO X
- - - Objetivo



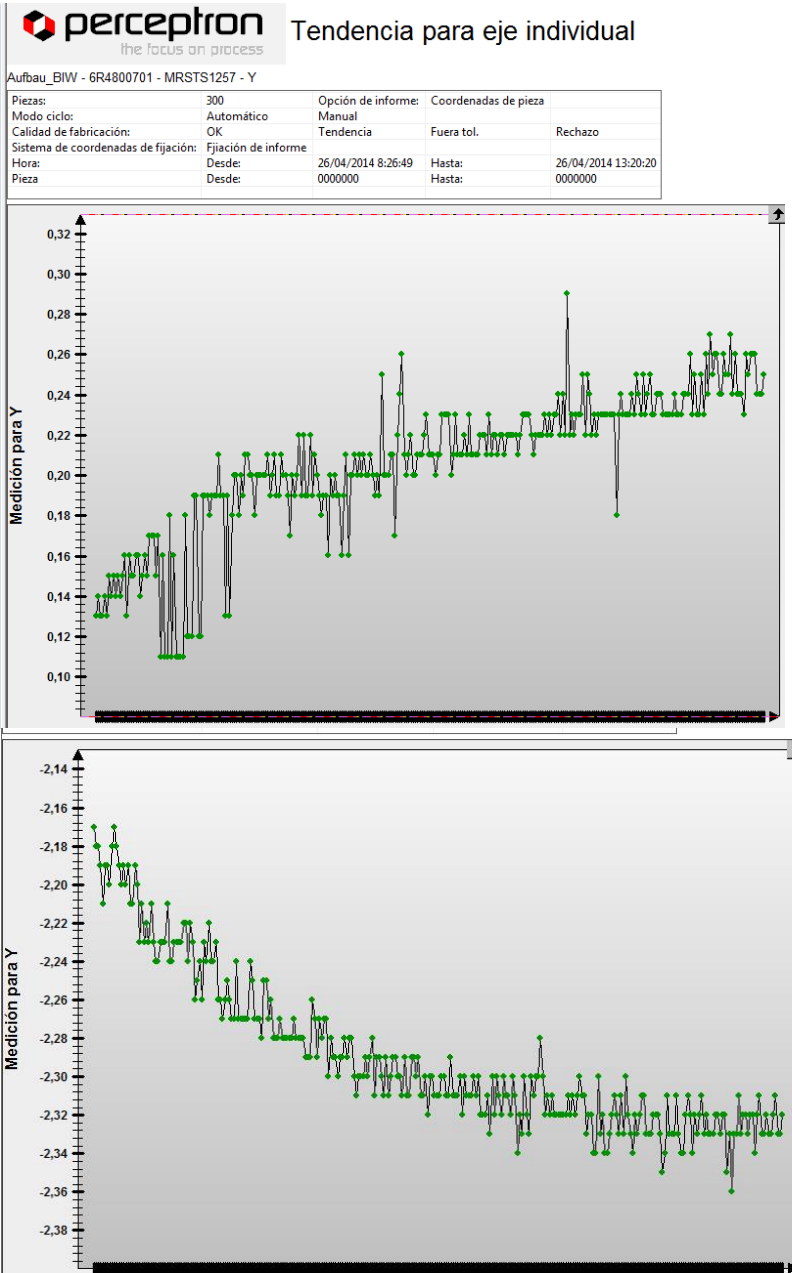
CAPÍTULO 9: Presupuesto sensores Helix

Se adjunta un presupuesto completo de todo lo necesario para modificar los sensores por unos más modernos. El precio no sería el oficial ya que existe un descuento para el grupo VW que no está contemplado, pero es suficiente para hacerse una idea.

PRESUPUESTO SENSORES HELIX	Qt	Pricing
Instalación en VW Pamplona por personal Español, Robotizada 4 robots KUKA, 1 x gama de medición y 40 puntos, 40 poses de robots (4 x 10), Estación independiente (standalone) con servidor integrado, Armario con air acondicionado e impresora láser negro/blanco, Sin sensores fijos.		
Armario incluyendo material y software 3D por sensores Helix	1	41 054 €
Comunicación por InterBus a 4 x robots y autómatas tipo Siemens S7		9 751 €
Sensores Helix Micro (200mm stand-off),	4	38 808 €
Suportes sensores/robots,	4	5 070 €
Paquetes de energía (cable dressings),	4	9 517 €
Compensación de temperatura de los robots (software y pilares + esferas de compensación y calibración),	4	56 921 €
RapidCal/Tool finder: permite el intercambio de sensores rápido,	4	4 808 €
<u>Incluyo también uno de cada cliente:</u>		
Reporting client,	1	562 €
Measurement monitor,	1	703 €
Cell monitor,	1	703 €
<u>Mano de obra:</u>		
Project management		70 336 €
Project engineering		
Project design		
Incluyendo calibración con láser tracker,		
<u>Robótica:</u>		
○ Reach study,		
○ Off-line programming,		
○ On-site programming,		
Gastos de viajes y alojamiento		
Semana de correlación,	1	8 101 €
Semana de soporte,	1	6 296 €
Semana de stand-by.	1	6 296 €
TOTAL		258 926 €

CAPÍTULO 10: Importancia de la compensación

Como se comenta en la memoria uno de los problemas que se encontró durante las pruebas fue que se realizaron pruebas el fin de semana cuyos resultados eran inservibles, esto se debía a una mala programación de la prueba que no realizaba la compensación. Esto causaba que debido a la deriva térmica las mediciones se vieran modificadas al avanzar la prueba, como se puede observar en las imágenes siguientes:



Gráfica 25 - Evolución mediciones a causa de la temperatura

ANEXO 3: Documentación técnica

CAPÍTULO 1: Documentación Robots actuales..... 160

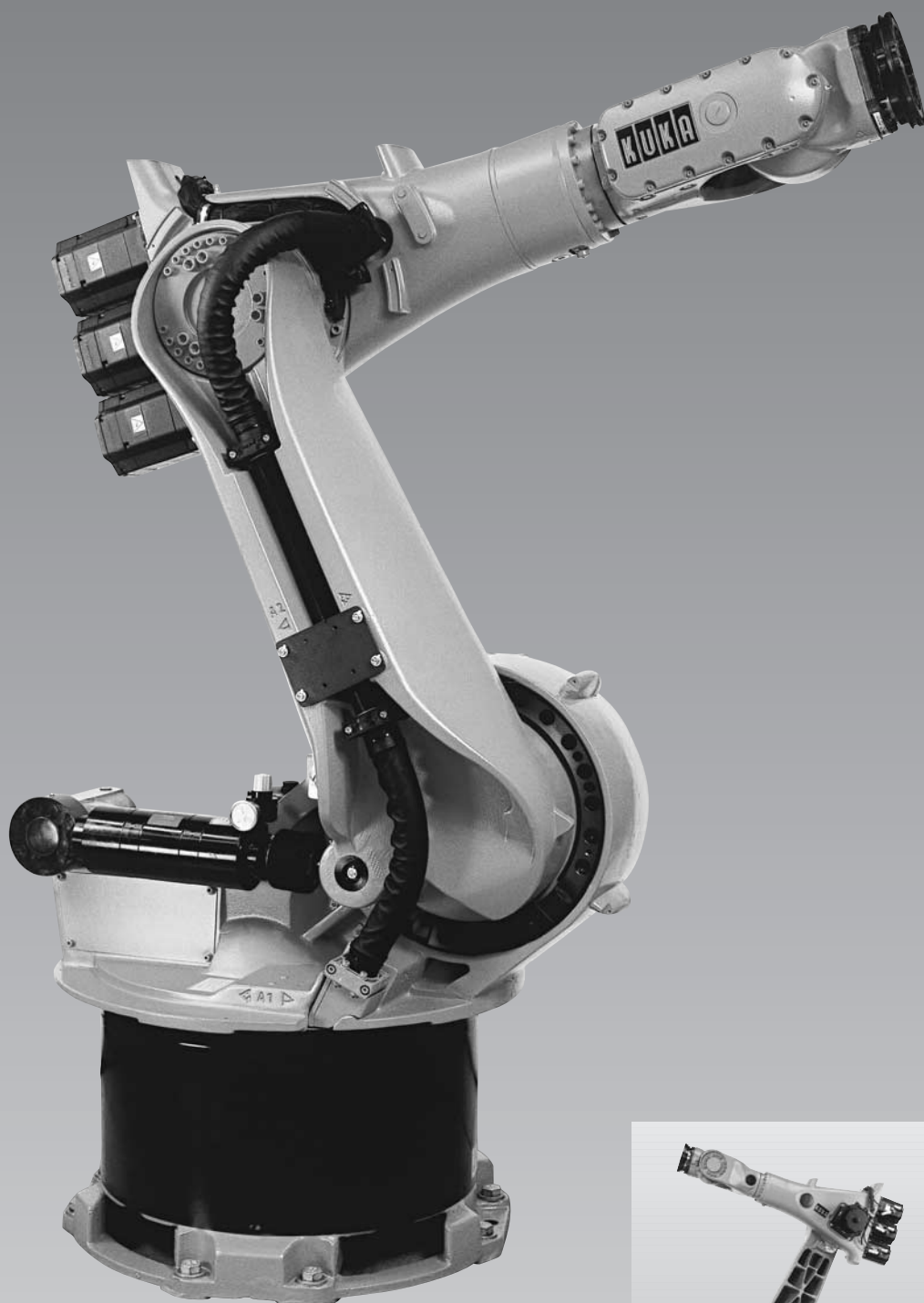
CAPÍTULO 2: Documentación robots propuestos..... 163

CAPÍTULO 3: Información mantenimiento..... 167

CAPÍTULO 4: Planos largueros 169

CAPÍTULO 1: Documentación Robots actuales

Technical Data



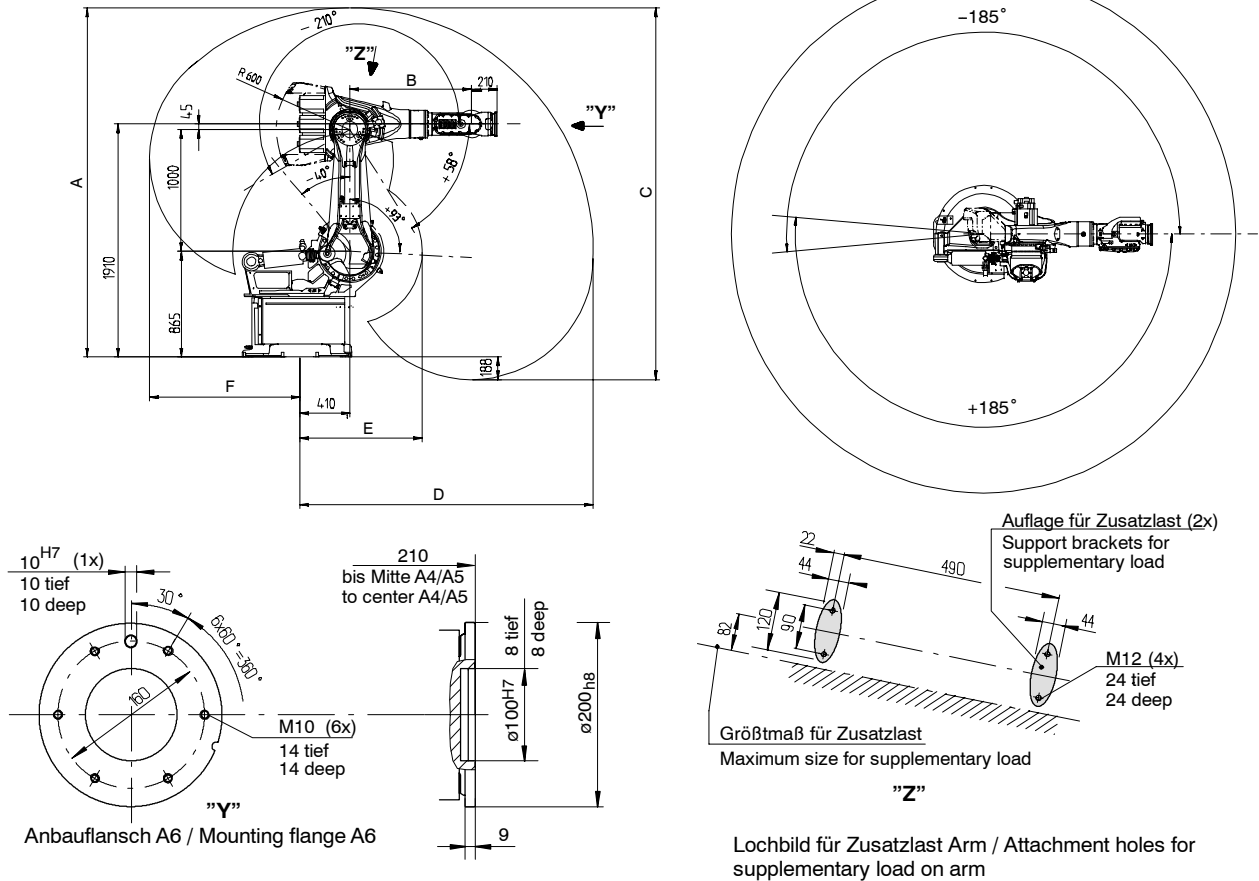
KR 150/3



KR 150/3, KR 150 L150/3, KR 150 L120/3

Maße / Dimensions: mm

Draufsicht
Plan view



Typ / Type:		KR 150/3	KR 150 L150/3	KR 150 L120/3				
Traglast / Payload:		150 kg	150 kg	120 kg				
Zusatzlast / Supplementary load:		95 kg	80 kg	80 kg				
Max. Gesamtlast / Total distributed load:		245 kg	230 kg	200 kg				
Anzahl der Achsen / Number of axes:		6						
Handvariante / Wrist variant:		Zentralhand 125/150 IV / In-line wrist 125/150 IV						
Anbaufansch A6 / Mounting flange A6:		DIN ISO 9409-1-A160						
Einbaulage / Mounting position:		Boden, Decke / Floor, ceiling						
Wiederholgenauigkeit / Repeatability:		± 0,20 mm						
Steuerung / Controller:		KR C2						
Gewicht (ohne Steuerung) ca. / Weight (excl. controller) approx.:		1120 kg	1135 kg	1140 kg				
Achsdaten / Axis data:	Bereich (Software) Range (software)	Geschwindigkeit bei Nenntaglast / Speed with rated payload						
		150 kg	150 kg	120 kg				
Achse / Axis 1 (A1)	± 185°	95 °/s	91 °/s	91 °/s				
Achse / Axis 2 (A2)	+ 93° / - 40°	95 °/s	90 °/s	90 °/s				
Achse / Axis 3 (A3)	+ 58° / - 210°	89 °/s	86 °/s	86 °/s				
Achse / Axis 4 (A4)	± 350°	146 °/s	146 °/s	146 °/s				
Achse / Axis 5 (A5)	± 120°	159 °/s	159 °/s	159 °/s				
Achse / Axis 6 (A6)	± 350°	227 °/s	227 °/s	227 °/s				
Arbeitsraum / Work envelope		Maße / Dimensions ¹⁾					Volumen Volume	
		A	B	C	D	E	F	
KR 150/3		2866	1000	3054	2410	1005	1234	39 m ³
KR 150 L150/3		3066	1200	3454	2610	1085	1434	51 m ³
KR 150 L120/3		3266	1400	3854	2810	1207	1634	65 m ³

1) Bezogen auf Schnittpunkt Achse 4/5. / Referred to intersection of axes 4 and 5.

- Antriebssystem elektro-mech. mit bürstenlosen AC-Servomotoren. / Drive system electromechanical, with brushless AC servomotors.
- Wegmeßsystem digital-absolut. / Position sensing system digital-absolute.

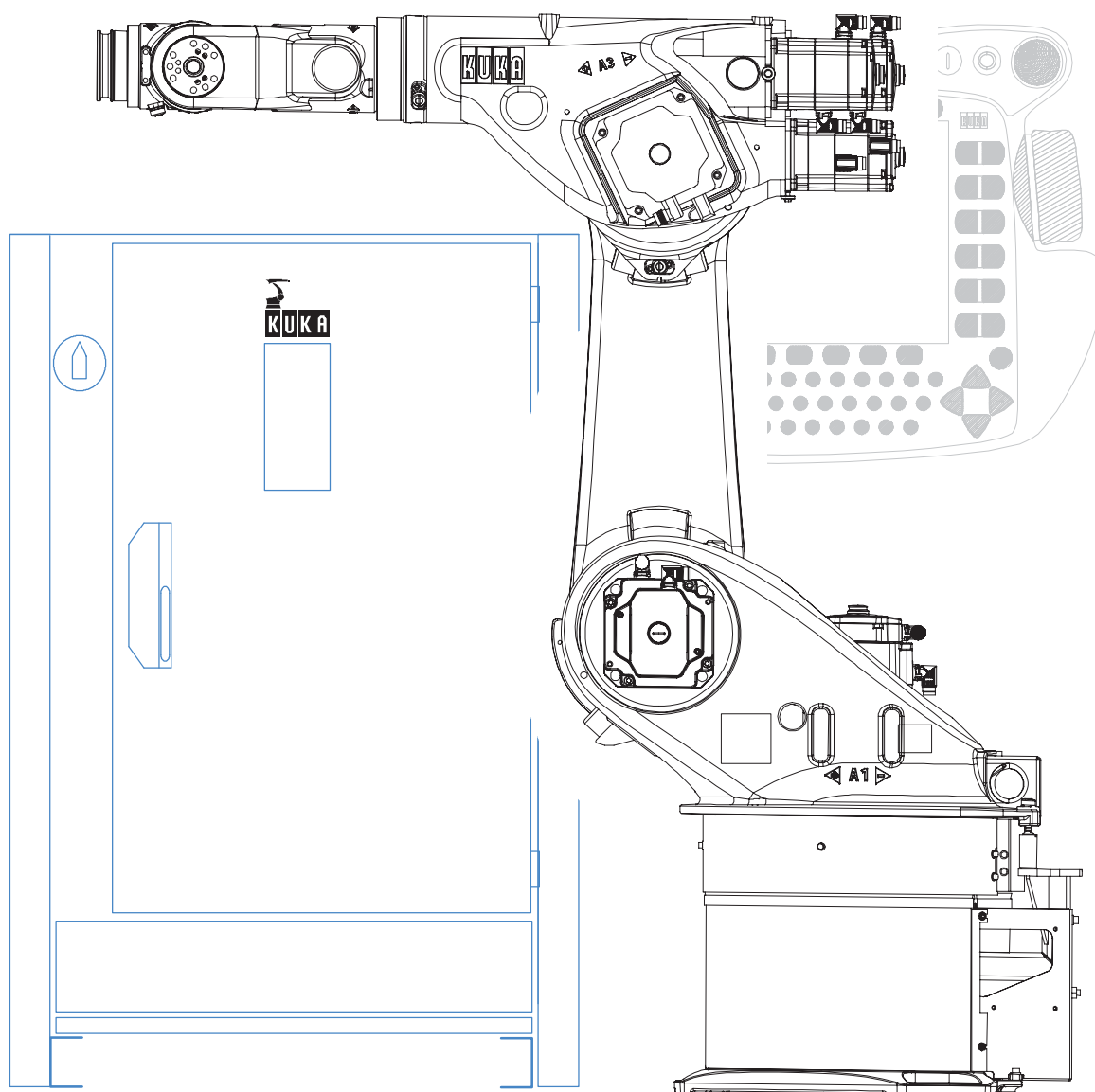
Angaben über die Beschaffenheit und Verwendbarkeit der Produkte stellen keine Zusicherungen von Eigenschaften dar, sondern dienen lediglich Informationszwecken. Maßgeblich für den Umfang unserer Lieferungen und Leistungen ist der jeweilige Vertragsgegenstand. / Specifications regarding the quality and usability of the products do not constitute a warranty of properties. They are intended to serve informative purposes only. Solely the respective contract of sale shall be binding in respect of the extent of our supplies and services.

www.kuka.com

CAPÍTULO 2: Documentación Robots propuestos

**Roboter
Robots**

**KR 30 HA
KR 60 HA**



3 TECHNICAL DATA

Types KR 30 HA
KR 60 HA
KR 60 L45 HA
KR 60 L30 HA

Number of axes 6 (Fig. 1-3)

Load limits also see Fig. 3-1

Robot type	KR 30 HA	KR 60 HA	KR 60 L45 HA	KR 60 L30 HA
Wrist (IW) ¹	IW 30/45/60	IW 30/45/60	IW 30/45/60	IW 30/45/60
Rated payload [kg]	30	60	45	30
Supplementary load with rated payload [kg]	35	35	35	35
Max. total distributed load [kg]	65	95	80	65

¹ IW = in-line wrist

The relationship between the payload and its center of gravity may be noted from Figures 3-2 to 3-4.

Axis data

The axis data may be noted from the following tables. The axes and their possible motions are depicted in Figure 1-3. Axes 1 to 3 are the main axes, axes 4 to 6 the wrist axes.

All specifications in the "Range of motion" column refer to the electrical zero position and to the display on the KCP for the robot axis concerned.

KR 30 HA

- In-line wrist, rated payload 30 kg

Axis	Range of motion software-limited	Speed
1	±185°	140 °/s
2	+35° to -135°	126 °/s
3	+158° to -120°	140 °/s
4	±350°	260 °/s
5	±119°	245 °/s
6	±350°	322 °/s

KR 60 HA

- In-line wrist, rated payload 60 kg

Axis	Range of motion software-limited	Speed
1	±185°	128 °/s
2	+35° to -135°	102 °/s
3	+158° to -120°	128 °/s
4	±350°	260 °/s
5	±119°	245 °/s
6	±350°	322 °/s

KR 60 L45 HA

- In-line wrist, rated payload 45 kg

Axis	Range of motion software-limited	Speed
1	±185°	128 °/s
2	+35° to -135°	102 °/s
3	+158° to -120°	128 °/s
4	±350°	260 °/s
5	±119°	245 °/s
6	±350°	322 °/s

KR 60 L30 HA

• In-line wrist, rated payload 30 kg

Axis	Range of motion software-limited	Speed
1	$\pm 185^\circ$	128 °/s
2	+35° to -135°	102 °/s
3	+158° to -120°	128 °/s
4	$\pm 350^\circ$	260 °/s
5	$\pm 119^\circ$	245 °/s
6	$\pm 350^\circ$	322 °/s

Repeatability (absolutely accurate calibration)	KR 30 HA	± 0.05 mm
	KR 60 HA	± 0.05 mm
	KR 60 L45 HA	± 0.05 mm
	KR 60 L30 HA	± 0.05 mm

Drive system	electromechanical, with transistor-controlled brushless AC servomotors
---------------------	--

Principal dimensions	see Figure 3-7
-----------------------------	----------------

Weight	KR 30 HA	approx. 665 kg
	KR 60 HA	approx. 665 kg
	KR 60 L45 HA	approx. 671 kg
	KR 60 L30 HA	approx. 679 kg

Sound level	< 75 dB (A) outside the working envelope
--------------------	--

Mounting position	Floor, ceiling
	Floor- and ceiling-mounted robots must be calibrated for the respective mounting position.

Installation	see Section 1.3
---------------------	-----------------

Load center of gravity **P** see Figures 3-2 to 3-4

For all rated payloads, the horizontal distance (L_z) of the center of gravity of the payload **P** from the face of the mounting flange is 150 mm and the vertical distance (L_{xy}) from rotational axis 6 is 120 mm (nominal distance in each case).

Working envelope

The shape and dimensions of the working envelope may be noted from Figure 3-7.

Installed motor capacity

approx. 14.9 kW

Working volume

The volume of the working envelope is as follows:

KR 30 HA	approx. 27.24 m ³
KR 60 HA	approx. 27.24 m ³
KR 60 L45 HA	approx. 36.89 m ³
KR 60 L30 HA	approx. 47.78 m ³

The reference point is the intersection of axes 4 and 5.

Ambient temperature

- During operation:
283 K to 328 K (+10 °C to +55 °C)
- During operation with SafeRDC:
278 K to 323 K (+5 °C to +50 °C)
- During storage and transportation:
233 K to 333 K (-40 °C to +60 °C)

Other temperature limits available on request.

Protection classification of the robot	IP 64
---	-------

(according to EN 60529)
ready for operation,
with connecting cables plugged in

Protection classification of the in-line wrist (standard)	IP 65
--	-------

Colors

Base (stationary): black (RAL 9005).
Moving parts: orange (RAL 2003).
With "F" variant, additional special paint finish.

Mounting flange on axis 6

The robot is fitted with a DIN/ISO mounting flange¹ (Fig. 3-5).

Screw grade for attaching end effector	10.9
Grip length	min. 1.5 x d
Depth of engagement	min. 12 mm max. 14 mm

NOTE: The flange is depicted with all axes of the robot, particularly axis 6, in the zero position (the symbol \uparrow indicates the position of the locating element).

¹ DIN/ISO 9409-1-A100 for IW 30/45/60 kg

Respuesta tras la consulta sobre el mantenimiento de los robots:

Los de marzo en realidad no se hicieron. Se rellenaron porque estaban las órdenes de trabajo pendientes y si no se rellenan no desaparecen del sistema. Tras rellenarlas esa gama maestra desapareció (la borramos). Esto es un tema de auditoría. En realidad ambas gamas maestras son las mismas pero la segunda sustituye a la primera.

Ese preventivo es bianual por lo que al hacerse en 2012 se volverá a hacer este año 2014. De hecho está programado para KW 27.

home		▼ 0343- Mascaron 2		► 160- AFO 160		▼ 191- AFO 191		▼ Chapistería		▼ 2014-27	
		sub	1404PY0448	10/07/2014	10/07/2012	Bienal	8,00	0343-191-KUK-CUKRA Robot KUKA 10A 0343-191			
		sub	1404PY0449	10/07/2014	10/07/2012	Bienal	8,00	0343-191-KUK-CUKRB Robot KUKA 10B 0343-191			
		sub	1404PY0450	11/07/2014	11/07/2012	Bienal	8,00	0343-191-KUK-CUKRC Robot KUKA 10C 0343-191			
		sub	1404PY0451	11/07/2014	11/07/2012	Bienal	8,00	0343-191-KUK-CUKRD Robot KUKA 10D 0343-191			

Ilustración 58 - Mantenimiento programado

Existen otros dos preventivos que no están planificados por falta de capacidad real para hacerlos (personal y tiempo)

- *Un semestral general eléctrico*
- *Un trimestral de revisión del cilindro de compensación*

Se considera que estos no afectan de forma directa a la calidad de las mediciones y por lo tanto no se incide más en su aplicación.

La revisión del cilindro de compensación es importante, sin embargo el propio sistema de Perceptron realiza una revisión de los mismos a través de las mediciones en la compensación por lo que los errores serían detectados por medio de este.

Igualmente estos cilindros no se ven sometidos a ningún esfuerzo ni situación que pueda suponer un deterioro de los mismos.

Además de los comentados que no se realizan a continuación se encuentra la lista de trabajos de mantenimiento que se realizan que son los indicados por el fabricante, así pues se considera que se encuentran en buen estado de mantenimiento.

Robot KUKA Revisión Aceite Correas BIANUAL		MAQUINA EN			
OPERACIONES	TIEMPO min.	MARCHA	PARO	ELECTRICO	MECANICO
0.- ADOPTAR MEDIDAS DE SEGURIDAD NECESARIAS.					
1.1.- ARMARIO ROBOT.					
1.1.1.- Cambiar baterías.	15	X		X	
1.1.2.- Limpieza técnica: Desconectar robot. Aspirar polvo interior. Comprobar sujeción de PM 6/600 y PM 1/16 y PM 0/600.	30		X	X	
1.2.1.- Comprobación de la continuidad a masa de todas las partes metálicas de la unidad mecánica.	30		X	X	
1.2.2.- Pruebas de movimiento del robot para verificar los frenos.	30		X	X	
2.1.1.- Sustitución y verificación de aceite:					
2.1.1.1.- Cambio de aceite de las reductoras.	150		X		X
2.1.1.2.- Comprobación del estado del aceite y de partículas metálicas en el aceite.					
2.1.1.3.- Verificación de fugas de aceite. Limpieza en caso necesario.					
2.1.2.- Engrase bulones cilindro compensación.					
2.1.3.- Revisión y tensión de correas 6º eje (Valor de referencia = 225).	30		X		X
2.1.4.- Revisión y tensión de correas 5º eje (Valor de referencia = 145).	30		X		X
2.1.5.- Comprobación del anclaje de la unidad mecánica a tierra.	15		X		X
2.1.6.- Limpieza y engrase de cremallera y zona de rodadura del 7º eje.	60		X		X
2.1.7.- Revisión de las transmisiones de los ejes 4, 5 y 6.	90		X		
3.- REPONER CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LINEA.					

Tabla 24 - Tareas de mantenimiento

CAPÍTULO 4: Planos largueros

